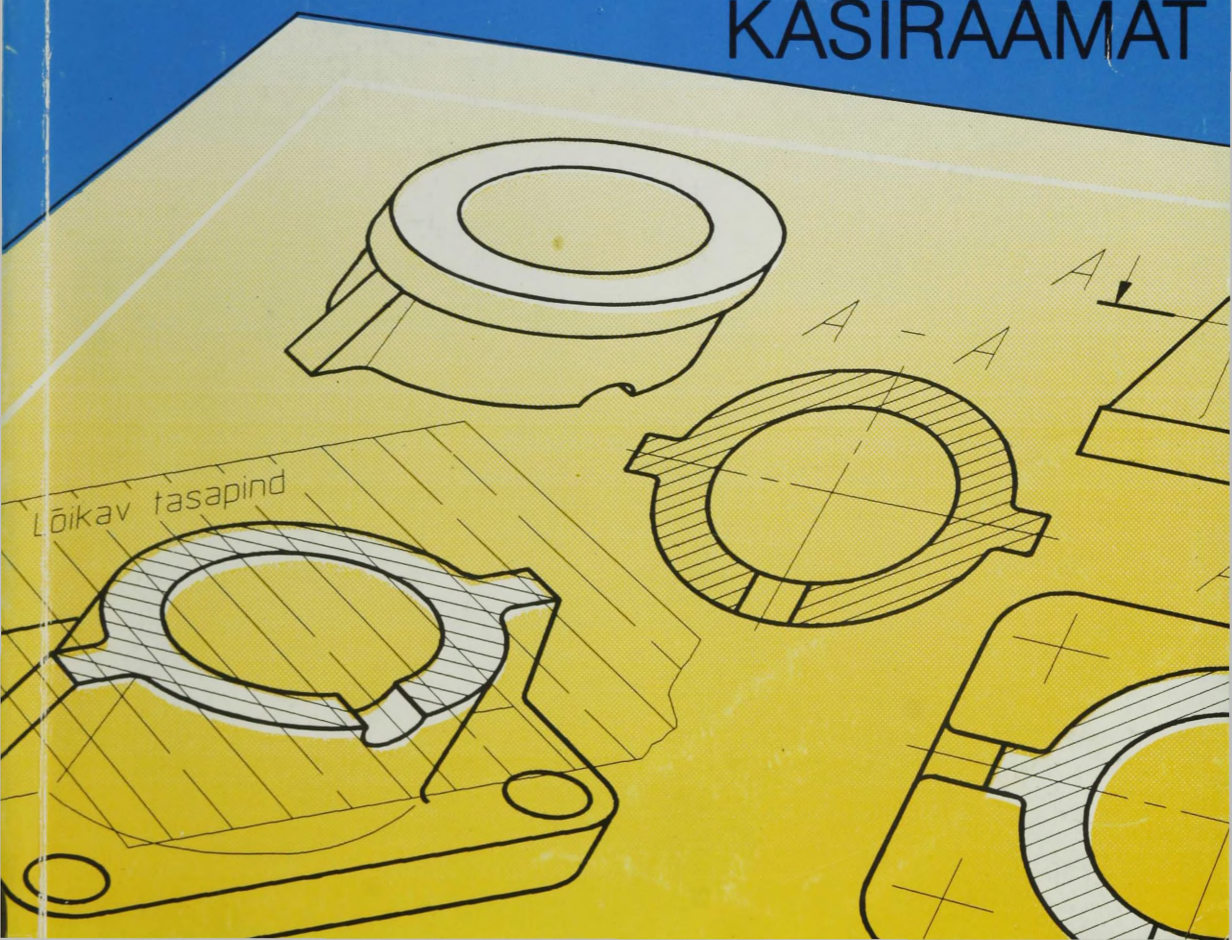


JAAN RIIVES ANDRI TEASTE REIN MÄGI

TEHNILINE JOONIS

ÕPPEOTSTARBELINE
KÄSIRAAMAT



JAAN RIIVES ANDRI TEASTE REIN MÄGI

TEHNILINE JOONIS

ÕPPEOTSTARBELINE
KÄSIRAAMAT

TALLINN "VALGUS"

Kaane kujundanud Reet Eilsen

ISBN 5-440-01418-7

© Jaan Riives, Andri Teaste, Rein Mägi,
kirjastus "Valgus", 1996

SAATEKS

Taasiseseisvunud Eesti Vabariigi tehnikapoliitika on veel kujunemisjärgus. Käesoleva raamatu autoritele, Tallinna Tehnikaülikooli Insenerigraafika Keskuse õppejõududele, tundub siiski küllalt tõenäosena, et endise, valdavalt idaorientatsiooni asemel tuleb nüüd näoga pöörduda nii läände, põhja, lõunasse kui itta.

Oleme seisukohal, et tulevasi inseneri ja tehnikuid — tänaseid tehnikaõppureid on juba praegu vaja ette valmistada uut moodi. Ootamata kuskilt kõrgemalt tehtavaid korraldusi, võtsid autorid omapoolse initsiatiivi korras ette sellise uue tehnilise joonestamise käsiraamatulikkude laadi õppevahendi koostamise, mis baseeruks küll enamlevinud rahvusvahelistel standarditel, kuid ei tekitaks liialt radikaalset pööret meil seni kehtivates ja sissejuurdunud normides.

Lähtusime siinjuures Rahvusvahelise Standardiseerimise Organisatsiooni (ISO) standarditest. Teatavasti olid ka endised NSV Liit ja Vastastikuse Majandusabi Nõukogu (CƏB) sotsialismimaad ISO liikmesriikideks. Meilgi kehtinud "TOCT"-id ja "CT CƏB"-id ei tohiks seepärast olla vastuolus vastavate ISO standarditega. Paraku vastuolusid siiski esineb ja mõnikord üsna olulisi (näiteks, formaatide kujundus, keevisliidete tähistamine jt.). ISO standardid on põhiliselt soovitava iseloomuga, seevastu "TOCT"-id ja "CT CƏB"-id olid rangelt kohustuslikud ning pisisasjadeni täpse määratlusega.

Teiseks ISO standardite eripäraks on asjaolu, et tihti pakutakse erinevaid, kuid võrdväärseid vormistusvariante (muidugi tingimusel, et ühel ja samal joonisel või joonisekomplektil oleks kasutusel vaid üks nendest). Näitena võib tuua nooleotste, viitenumbrite või mõõtarvude erinevaid märkimisviise. Kõik see lubab paindlikumalt arvesse võtta nii joones-

tustehnilisi võimalusi kui ka joonestaja isikupäraseid harjumusi.

Juhul, kui ISO standardid on jätnud teatud normingu liialt lahtiseks või osutunud mõne koha pealt puudulikuks, oleme pakkunud praktikas end õigus- tanud "TOCT"-i ja "CT CƏB"-i määratlusi (näiteks pööratud kujutise või pinnalootuse sümbolid).

Peatükkide lõikes on käesoleva raamatu autorite panused olnud järgnevad:

Jaan Riives — Sissejuhatus, 2., 3., 7. ptk.

Andri Teaste — 2., 5., 6., 8. ptk.

Rein Mägi — 1., 4., 7., 8. ptk.

Rohkearvulised joonised on valminud arvutijoonistena AutoCAD-is Heino Möldre meisterliku käe all.

Raamatus on käsitletud põhiliselt vaid masinaehitusjooniseid. Kujutava geometria, ehitusjooniste, skeemide ja kompuutergraafika kohta on edaspidi kavas välja anda täiendavat kirjandust.

Autorid on tänulikud TTÜ mehaanikateaduskonna õppejõududele Heino Arumäele, Rein Leesile, Ivar Märtsonele ja Jüri Vanaveskile asjalike soovitude eest ning kirjastusele "Valgus" lahke kaasabi eest käesoleva teose trükki toimetamisel. Samuti täname tähelepanelikke lugejaid juba ette avaldamast võimalikke arvamusi ja ettepanekuid, mis palume saata aadressil: EE0026 Tallinn, Ehitajate tee 5, Tallinna Tehnikaülikooli Insenerigraafika Keskus.

Autorid

SISUKORD

Saateks	3	5.1.2.	Pinnakareduse märkimine	115
Sissejuhatus	5	joonisele		115
1. Joonestustehnika	7	5.2.	Termiline töötlemine	121
2. Jooniste vormistamine	21	5.2.1.	Termilist töötlemist	121
2.1. Jooniste formaadid ja vormistamine	21	iseloomustavad parameetrid		121
2.2. Mõõtkava	26	5.2.2.	Termilise töötlemise märkimine	121
2.3. Jooned	27	joonisele		121
2.3.1. Joonete liigid ja kasutusala	27	5.3.	Tolerantsid ja istud	122
2.3.2. Joonete jämedus ja selle valik	29	5.3.1.	Tolerantsi mõiste	123
2.3.3. Joonete vahekaugus	31	5.3.2.	Istu mõiste	125
2.3.4. Projektsiooniliselt ühtelangevate		5.3.3.	Liitumatute mõõtmete tolerantsid	125
joonte kujutamine	31	5.3.4.	Nurga tolerantsid	125
2.3.5. Viitejoonte osad	32	5.3.5.	Keermete tolerantsid ja istud	125
2.4. Normkiri	32	5.3.6.	Hammasliidete tolerantsid ja istud	125
2.5. Lõikepindade viirutamine	35	5.3.7.	Liistliidete tolerantsid ja istud	125
2.6. Kirjanurk	42	5.3.8.	Laagrite paigaldamise tolerantsid	126
2.7. Jooniste kokkumurdmine	44	5.3.9.	Tolerantside ja istude	126
3. Kujutised	49	märkimine joonisele		126
3.1. Kujutamise üldpõhimõtted	49	5.4.	Pindade kuju- ja asenditolerantsid	127
3.2. Kujutiste liigid	51	5.4.1.	Pinna kujuhälve	127
3.2.1. Vaated	51	5.4.2.	Pinna asendihälve	127
3.2.2. Lõiked	56	5.4.3.	Summaarne kuju- ja	128
3.2.3. Ristlõiked	64	asendihälve		128
3.3. Väljatoodud element	69	5.4.4.	Pindade kuju- ja asenditolerantside	128
3.4. Lihtsustused ja tinglikkused		märkimine joonisele		128
joonisel	69	5.5.	Pinna valmistamistäpsuse	
3.4.1. Katkestused	69	ja pinnakareduse vaheline		
3.4.2. Korduvad elemendid	70	sõltuvus		132
3.4.3. Sümmeetrilised kujutised	71	6. Koostejoonis ja tükitabel		133
3.4.4. Pindade ühisjoone (lõikejoone)		6.1. Koostejoonis		133
lihtsustatud ja tinglik kujutamine	73	6.2. Tükitabel		134
3.4.5. Esemepinnalised osad.		6.3. Koostejoonisel kasutatavaid		
Ruudu- või ristkülikukujulised		lihtsustusi		136
avad	73	7. Eskiis ja joonis		142
3.4.6. Element lõikepinna ees	73	8. Tüüpiliste masinaelementide		
3.4.7. Rihveldus	73	kujutamine		152
3.4.8. Laotatud kujutised	73	8.1. Keevisliide		152
3.4.9. Piirnevad elemendid	75	8.1.1. Keevisõmbeluse põhimärgid		152
3.4.10. Ohukesesenaalsete detailide		8.1.2. Keevisõmbeluse lisamärgid		152
kujutamine	78	8.1.3. Keevisõmbeluse mõõtmestamine		152
3.4.11. Läbipaistvast materjalist		8.1.4. Täiendavad märgid		152
esemete kujutamine	78	8.1.5. Keevisõmbeluse tähistamis-		
värvide kasutamine joonisel	78	moodused		159
3.4.13. "Keelatud" lõiked	78	8.2. Hammasliide		159
3.4.14. Keermete kujutamine	79	8.3. Hammasülekanne		163
4. Joonise mõõtmestamine	86	8.4. Vedrud		167
4.1. Üldjuhised	86	Kirjandus		174
4.2. Mõõtmete vormistamine	88	Aineregister		175
4.2.1. Mõõtmestamiselemendid	88			
4.2.2. Mõõtarvude kandmine joonisele	90			
4.2.3. Kujumärgid ja tähised	95			
4.2.4. Korduvad elemendid	99			
4.2.5. Keermete leppeline tähistamine	100			
4.3. Mõõtmestamise printsiibid	109			
5. Pinnakareduste, tolerantside ja				
istude ning termilise töötlemise				
märkimine	114			
5.1. Pinnakaredus	114			
5.1.1. Pinnakareduse hindamise				
parameetrid	114			

SISSEJUHATUS

Inimene võtab nägemismeele kaudu vastu üle 80% teda mõjutavast informatsioonist. Selle peegeldusena on juba meie ürgesivanemad koopamaalides väljendanud intuiitiivselt oma visuaalseid muljeid. Kunst kajastada ümbritsevat maailma kujutiste abil on seega üks vanemaid kunste.

Algul olid kujutised võrdlemisi primitiivsed ja konkreetset, ilma kunstilise üldistusega. Inimtegevuse arenedes hakati joonistama tööriistu, elamuid, hiljem templeid ja püramiide.

Keeruka arhitektuuriga paleed ja kaitserajatised Babüloonias, Vana-Egiptuses ja Vana-Kreekas lubavad oletada, et juba tol ajal pidid kasutusel olema tehnilist ideed piisavalt väljendavad joonised. Esimene savitahvlil säilinud ehitise kujutis lõikes pärineb Mesopotaamiast (umbes 2400 a.e.m.a.).

Joonise areng on tihedalt seotud geomeetria arenguga. Kõige varasema süsteemse käsitluse geomeetriliste mõistete kohta andis Hippokrates Chiosest (5. saj. e.m.a.). Tuntud on ka Pythagorase (6. saj. e.m.a.) ja Demokritose (5. ja 4. saj. e.m.a.) saavutused sel alal. Tuginedes eelkäijate töödele, formuleeris Eukleides (4. saj. e.m.a.) lõpliku geomeetrilise süsteemi, mis on juba ligi 2000 aasta jooksul mõjutanud matemaatika arengut.

Kõige vanem säilinud ürik kujutamiseõpetuse alalt on Rooma arhitekti Vitruvius Pollio (1. saj. e.m.a.) mitmeköiteline traktaat "De Architectura". Selles kasutatud ehitiste kujutamisevõtte ristprojekteerimise alusel näivad olevat tuntud juba enne keiser Augustuse valitsemisaega.

Suure panuse kujutiste teooria arendamisse andis Leonardo da Vinci (1452...1519), kes uuris perspektiivi ja kes pärandas järeltulijale rohkesti visandeid geniaalsete tehniliste leiutiste kohta, samuti René Descartes (1596...1650), kelle teeneks on koordinaatide meetodi loomine geomeetrias.

Joonise kujunemine selliseks, nagu me tänapäeval seda mõistame, on seotud prantsuse matemaatikuga ja inseneri, kujutava geomeetria rajaja Gaspard Monge'i (1746...1818) nimega. Oma 1798. aastal ilmunud teoses "Géométrie descriptive" andis ta ruumiobjektide tasapinnal kujutamise meetodi, mille järgi kujutised esitatakse omavahel seotud ristprojektsioonidena. G. Monge'ile kuuluv ütlus, et joonis on tehnika keel, on oma paikapidavust kinnitanud ka tänapäeval.

Esimesed teadaolevad joonised, mis on trükitud eestikeelses väljaandes, pärinevad 1889. aas-

tast. Nimelt, möödunud sajandi 70-ndail aastail korraldasid Eesti põllumeeste seltsid võistluse taluelamute projektide saamiseks. Laekunud võistlustöödest tunnistati parimaks C.R. Jakobsoni projektid, mis olude sunnil avaldati nädalalehes "Olevik" alles pärast autori surma.

Järjekordse taluehitiste-alase võistlusprojektide paremiku koondas albumisse ehitusinsener F. Peterson. Album ilmus 1920. aastal. Sisult ja vormistusest on tolleaegsed joonised juba üsna lähedased nüüdisaegsetele.

1927. aastal andis H.W. Reier välja käsikirja õigustes kursuse "Kujutav geomeetria".

1938. aastal tutvustas insener R. Prükkel lugejaile tehnilise joonestamise põhialuseid ajakirja "Tehnika Kõigile" viies numbris.

Mitmeid metallitöösse puutuvaid joonestamise õpperaamatuid tööstus- ja raudteekoolide jaoks on avaldanud tuntud pedagoog ja tehnikahariduse edendaja T. Ussisoo (1940, 1947, 1959).

Kaks käsiraamatut joonestajaile ja konstruktoreile kirjutas E. Targo (1947, 1953). Tema sulest on ilmunud ka joonestusalast õppekirjandust.

1947. aastal trükiti H. Taali "Tehniline joonestamine masinaehituse alal", milles on silmas peetud eeskätt tehnikakõrgkooli vajadusi.

Ajavahemikul 1946...1949 andis autorite kogu koosseisus A. Humal, O. Rünk ja A. Garšnek välja põhjaliku kolmeköitelise "Kujutava geomeetria kursuse".

Mitmes kordustrükkis (1961, 1969, 1977) on ilmunud kõrgkoolidele mõeldud "Kujutav geomeetria", mille autorid on O. Rünk ja N. Paluver; 1986. aastal täiendatud kordustrüki autorina lisanud A. Talvik.

Paljudes kordustrükkides (1967...1979) anti välja õpik "Joonestamine üldhariduslikele koolidele", mille varasemate trükkide autorid olid O. Rünk ja

V. Tapper, hilisematel on olnud E. Kogermann, N. Paluver ja V. Tapper, 1985. aastal ilmunud kordusõpikul ka K. Tihase.

1974. aastal avaldas J. Riives tehnikumide õppeprogrammidele vastava õpiku "Masinaehitusjoonestamine". 1983. aastal ilmus temalt koostöös K. Tihasega õpik "Joonestamine", mis hõlmab nii tehnilise joonestamise kui ka kujutava geomeetria elemente.

Ehitusprojektide vormistamist puudutavaid eriküsimusi on käsitletud L. Tammi 1985. aastal ilmunud kõrgkoolide õpikus "Ehitusjoonestamine".

Käesolev raamat on joonestusalane õppevahend. Siin ei valgustata niivõrd konstrueerimise protsessi (arvutusi, visandeid, katseid, majanduslikke kalkulasioone jm.), kui just õpetatakse tehnilise loomingu korrektse vormistamise aluseid toote kui loomingu lõppprodukti modelleerimise tasemel.

1. JOONESTUSTEHNIKA

Tehniline joonis on graafilisi kujutisi sisaldav dokument. Selle põhjal peab vajalik informatsioon joonise objekti kohta selguma üheselt (detaili kuju, mõõtmed ja muud valmistamisandmed; koostu ehitus, töötamise põhimõte ja koostamisvõimalused; skeemil näidatud seadme tööprintsip ja ühendused jne.). Õige ja hästi tehtud joonis on nagu lõpetatud kunstiteos, mis kõneleb ise enda eest, vajamata ühtki lisaseletust, ka mitte "seletajat". Kui joonise sisuliste väärtuste üle saavad otsustada vaid asjatundjad, siis jämeduselt ja tumeduselt ebaühtlased jooned ning lohakas kiri, samuti joonise ebaratsionaalne kujundus kui tehnilise dokumendi graafilise külje ebakorrektsus on silmariivav igaühele. Niisugused ilmingud kisuivad alla nii joonestaja-konstruktori kui ka projekteerimisfirma mainet.

Erinevalt kunstilisest graafikast ei ole tehniline joonis siiski ette nähtud püsivaks imetlemiseks, vaid ta on tehnilise mõtte väljatöötamise, edasiandmise ja säilitamise vahend. Lisaks sisulisele ja vormilisele selgusele peab tehniline joonis olema ka kiiresti, lihtsalt ja odavalt valmistatav ning kopeeritav, samuti võimaldama hõlpsasti teha parandusi ja muudatusi. Selliseid vastuolulisi nõudeid pole võimalik üheaegselt täita. Neis tuleb teha optimaalne valik. Näiteks ühekordsete tööde puhul on mõtet läbi ajada

odavamate kuid rohkem aega nõudvate vahenditega, masstootmise korral aga enamproduktiivsete ent kallimatega.

Joonestusvahendid võiks jagada kahte põhimõtteliselt erinevasse valdkonda, olenevalt sellest, kas on tegemist: 1) käsitsi- ehk tavajoonestamisega, või 2) masinjoonestamisega (ka raal- ehk kompuuterjoonestamisega).

Kuigi nendel valdkondadel on ühine teoreetiline alus — kujutav geomeetria, on joonise valmistamise tehnoloogia siiski põhimõtteliselt erinev. Käsitsijoonestamisel sooritab joonestaja üksteisele järgnevaid operatsioone vahetult, masinjoonestamise korral pöördub ta aga täpsete masinkäskude vormis arvuti poole, et viimane asja korraldaks. Võrdluseks võib öelda, et käsitsijoonestamine on tunduvalt odavam ja lihtsam kui masinjoonestamine, kuid joonise kvaliteetsuse ja paindlikumate käsitusvõimaluste osast tuleb eelistada masinjoonestamist. Näiteks käesolevagi teose joonised on valmistatud levinuima joonestuspaketi AutoCAD abil ning väljastatud laserprinteril.

Masinjoonestamise süsteemid arenevad üsna tormiliselt, seepärast mõnedki siintoodud hinnangud ei pruugi lähitulevikus enam paika pidada. Kuna masinjoonestamist käsitletakse üksikasjalikumalt juba ilmunud ja peatselt ilmuvates

käsiraamatutes, siis käesolevas tutvustame põhiliselt tava- ehk käsitsijoonestusvahendeid. Ühtlasi vaatleme ka vahendite korrashoidu ja põhilisi töövõtteid nendega.

Millele joonestada? Põhiliselt muidugi paberile, kuid miks mitte ka tahvlile, kilele, maapinnale või muule infokandjale.

Paber. Joonestuspaber on valge, siledapinnaline, ilma joonteta ja tihedastruktuuriline materjal. Tavaliselt kasutatakse paksemat nn. vatman-paberit formaadis A1 (vt. ptk.2), mida vajaduse korral tükeldatakse. Vähemvastustusrikkaid jooniseid on mõeldav teha ka õhemale koopiapaberile. Viimane variant on eriti otstarbekas käsitsijoonestamise ja kopeerimismasina kombineeritud kasutamisel. Pliiatsijooniste puhul on oluline, et joont võiks tõmmata ning seda ka kustutada paberit vigastamata. Tušijoonise paberil ei tohiks tušš laiali valguda, samuti peaks paber olema küllalt paks ekslike tušijoonete eemaldamiseks žiletiga kraapimise või väljalõikamise teel. Kuna valguse toimel joonestuspaber koltub, tuleks teda hoida pimedas kohas.

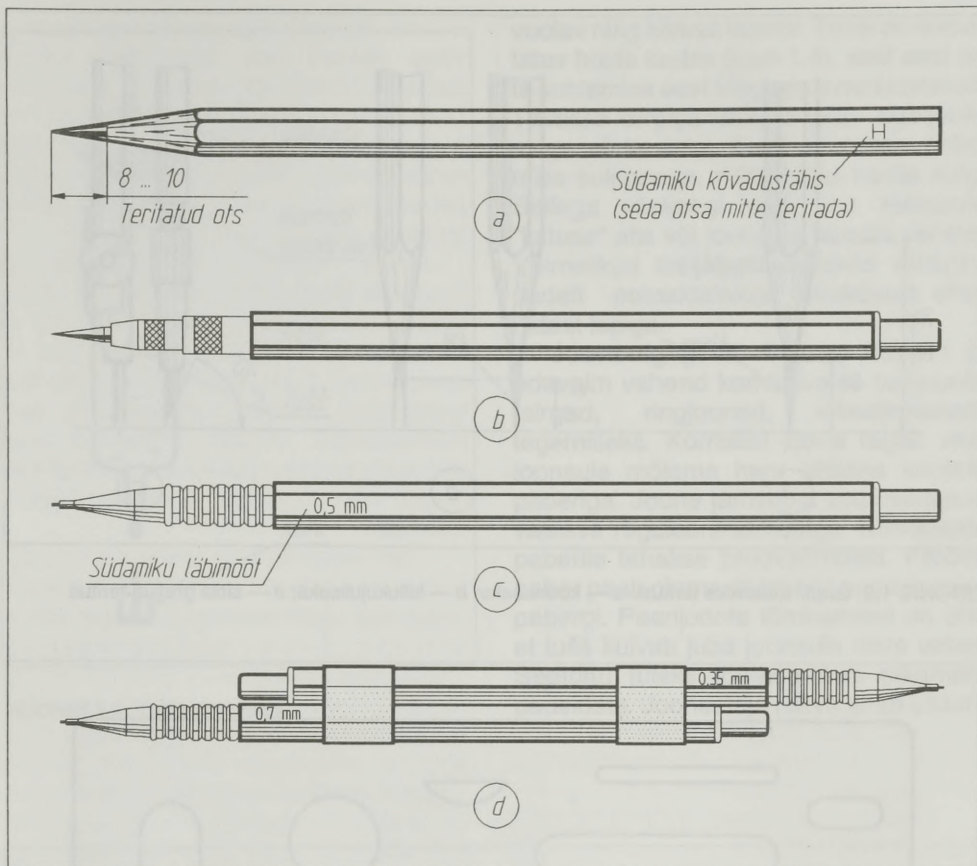
Joonestuslaud. Hea joonestuslaud on sileda pinnaga (puidust) plaat. Kui on kavatsus kasutada T-kujulist juhtklotsiga joonlauda, peaks ka joonestuslaua vasakpoolne serv olema laimatuult sirge ja sile. Joonestuslaud võiks olla nii suur, et formaadi A1 suurune joonestuspaberi poogen sinna vabalt ära mahuks. Pehmele puitplaadile on võimalik joonestuspaberit kinnitada nurkadest rõhnaeltega, kõva plaadi korral aga tuleks kasutada kerge nakkega kleeplinti (lindi eemaldamine ei tohiks paberipinda vigastada) või kummiliimi (liimi kuivamine võtab aega 2...3 min.).

Millega joont tõmmata ja eemaldada? Joonis peab olema tehtud korrektsete, kontrastsete ja õiges jämeduses joontega. Vastavalt konstrueerimises paramatult toimuvatele muudatustele peaks neid aga olema võimalik ka hõlpsasti eemaldada või uusi jooni lisada.

Pliiats. Pliiats on põhiline joonestamis- ja kirjutusvahend. Ta koosneb südamikust (nn. pliatisisöest) ja ümbriest. Enamlevinud on puitümbrisega pliats (joon. 1.1, a), mida teritatakse esialgu noaga puitosa eemaldades ning lõpuks südamikku liivapaberil lihvides. Tülikast laastulõikamisest saab loobuda, kui kasutada tsangkinnitusega pliiaatsit (joon. 1.1, b). Ka südamiku otsa lihvimine jääb ära, kui kasutada kalibreeritud südamikuga pliiaatsit (joon. 1.1, c). Kiirema pliiaatsivahetuse tagamiseks võib viimatinimetatuid ka kleeplindiga (või liimiga) ühendada (joon. 1.1, d).

Vastavalt standardile ISO 9177:1988 valmistatakse südamikke järgmistes läbimõõdudes: 0,35; 0,5; 0,7; 1 mm (kõvadusega 6H, 5H...B, 2B) ning 2 mm (kõvaduspiirkonnas (9H...6B)). Peenjoonte tegemiseks sobiksid südamikud läbimõõduga 0,35 mm (kõvadusega 2H, H, F), jämejoonte ja kirjade tegemiseks — 0,7 mm (HB, B). Samad südamiku kõvadused sobiksid ka puitpliiaatsite korral. Venekeelne tähis "Т" (твердый) oleks võrdsustatav rahvusvahelise tähisega "H" ning "М" (мягкий) rahvusvahelise "B"-ga. Venekeelne tähis "ТМ" oleks samane rahvusvahelise tähisega "F" ja "HB". Grafiitsüdamike teritusmooduseid on demonstreeritud joonisel 1.2. Nendest kõige kulumiskindlam on kiilukujuline teritus (joon. 1.2, b), kuid pliiaatsit tuleb siin hoida rangelt joone suunas orienteerituna. Ka tähtede kirjutamine on sellise pliiaatsiga võimatu. Kõige lihtsam ja levinum on koonusekujuline teritus (joon. 1.2, a), mis võimaldab nii joonte kui ka kirjade tegemist. Puuduseks on südamiku kiire kulumine, mida saab pikemate joonte korral korvata pliiaatsi pööramisega joone tõmbamise ajal.

Pliiaatsijoonete õige jämeduse ja kontrasti saavutamiseks on kõige kindlam kasutada erineva jämeduse, kõvaduse ja teritusviisiga pliiaatseid. Joon peaks olema võimalikult must, mitte hall. Jämejoon olgu peenjoonest 2...3 korda jämedam (ja kontrastsem) ning samaliigiline joon kogu



JOONIS 1.1. a — puitümbrisega joonestuspliats; b — tsangkinnitusega pliats; c — kalibreeritud südamikuga pliats; d — eri südamikega kombineeritud pliats

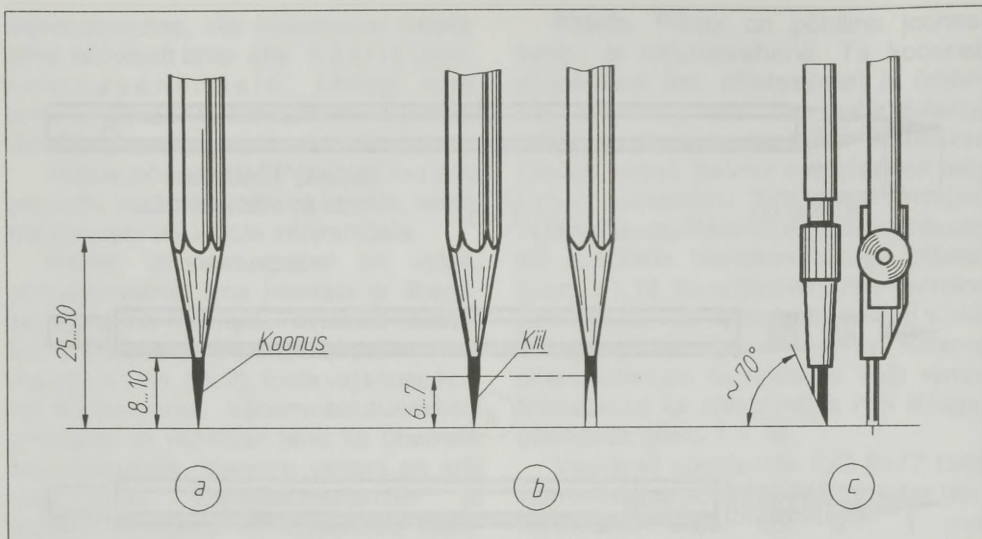
joonise ulatuses ühtlase jämedusega. Samuti olgu joont ka võimalik kustutada.

Eeltoodud nõudeid on võimalik rahuldavalt täita ka ainult üht pliatsit (näiteks keskmise kõvadusega HB) kasutades. Sellisel juhul saavutatakse joontevaheline kontrast erineva käesurvega pliatsile. Muidugi on sel korral vaja tundlikumat kätt ja silma. Selline moodus sobib vaid kogunud konstruktorile ja on eriti efektiivne jooniste (eskiiside) kiirel valmistamisel.

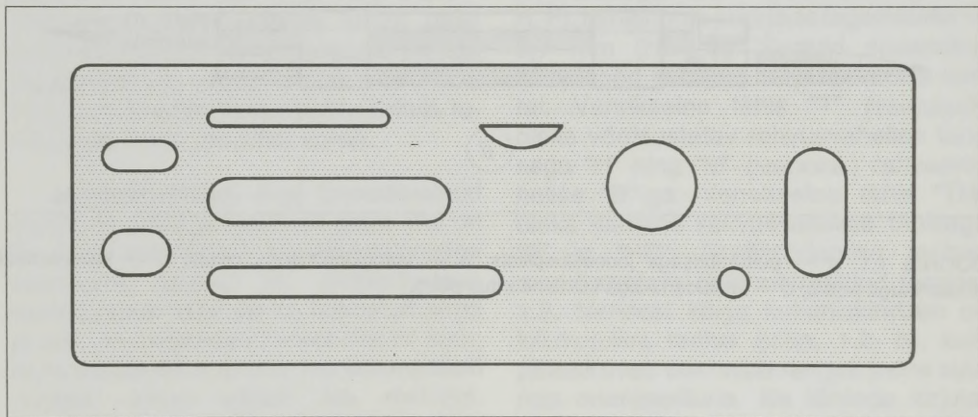
Kustutuskumm. Kustutuskumme on erinevaid, vastavalt pliatsi- või tušijoonte

kõrvaldamiseks. Töökõlblik kumm on pehme, ei kraabi ega libise paberil, eemaldab grafiiti ning ei määri paberit. Kui kummi välispind on aja jooksul liialt kõvaks tõmbunud, võib selle pealt ära lõigata. Kummi mustunud pind tuleks enne tarvitamist puhtaks hõõruda.

Kustutusplaat. Liigseid pliatsijooni on vajalike joonte vahelt otstarbekas maha kustutada läbi õhukesest terasplekist kustutusplaadi avade või pilude. Kustutusplaadi (joon. 1.3) kasutamine säästab joonestaja tööaega tunduvalt.



JOONIS 1.2. Grafiitsüdami ke terituse: a — koonuseks; b — kiilukujuliseks; c — sirkli grafiidi teritus



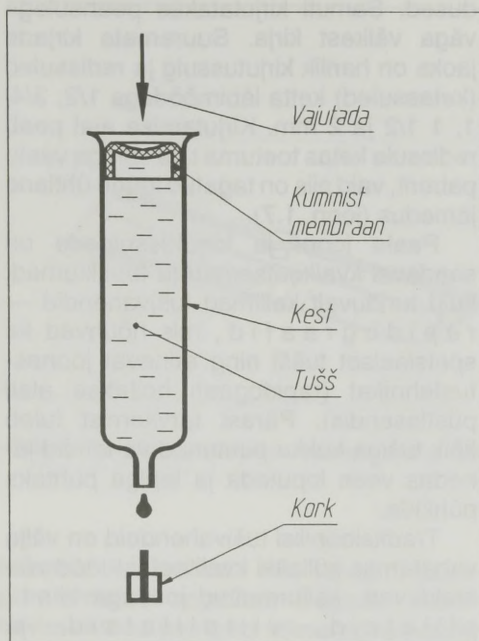
JOONIS 1.3. Kustutusplaat

Kui paber on juba liiga õhuke kummiga kustutamiseks, võib kasutada ka valge värviga või vastava kleepribaga katmist.

Tušivahendid. Seoses masinograafika ja elektrograafilise kopeerimistehnika taseme tõusuga on viimasel ajal vajadus tušijooniste järele vähenenud.

Omal kohal on aga tušiga joonestamine just täpsete ja unikaalsete jooniste valmistamisel, samuti õppejooniste tegemisel. Tušijooniselt saab hästi kõrvaldada pliatsis tehtud alusjoonise jooni, mistõttu tulemus on eriti korrektne.

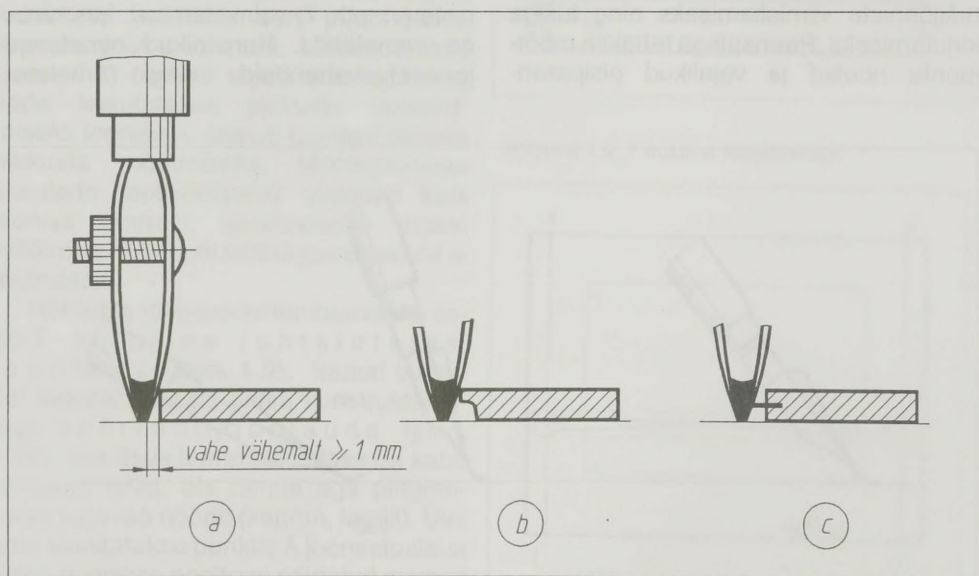
Tušš peab olema veekindel, hästi



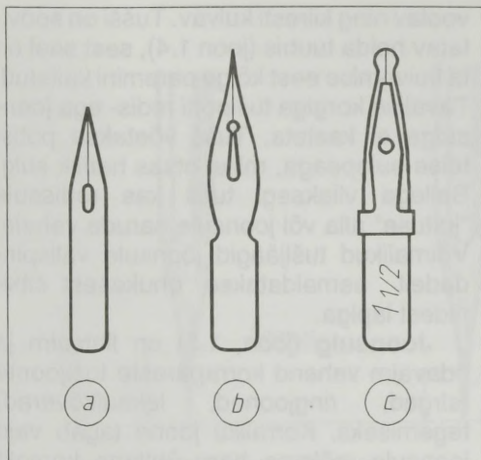
JOONIS 1.4. Tušituubi ehitus

voolav ning kiiresti kuivav. Tušši on soovitatav hoida tuubis (joon 1.4), sest seal on ta kuivamise eest kõige paremini kaitstud. Tavalise korgiga tušipotti redis- ega joonsulge ei kasteta. Tušš võetakse potist teise sulepeaga, millel otsas harilik sulg. Sellega viiaksegi tušš kas redissule "katuse" alla või joonsule harude vahele. Võimalikud tušijäädid joonsule välispindadelt eemaldatakse õhukesest sitsiriidest lapiga.

Joonsulg (joon. 1.5) on lihtsaim ja odavaim vahend korrapäraste tušijoonte (sirged, ringjooned, lekaalkõverad) tegemiseks. Korraliku joone tagab vaid joonsule mõlema haru ühtlane kontakt paberiga. Joone jämedust seadistatakse vastava reguleerimismutriga. Kõrvalisele paberile tehakse proovitõmbeid. Proovipaber peab olema sama liiki nagu joonise pabergi. Peenjoonte tõmbamisel on oht, et tušš kuivab juba joonsule otste vahel. Seetõttu tuleks töötada ilma pikemate pausideta. Joonestaja närve aitab säästa



JOONIS 1.5. Joonsule asend tušijoonte tõmbamisel joonlaua abil



JOONIS 1.6. Kirjutussuled: a — peensulg; b — harilik sulg; c — redissulg

ka lühike tõmme juba kuivanud joonsulega piki pingul niisket siledat riidelapikest. See peaks võtma tuši uuesti jooksmata. Joonsulega ei kirjutata, vaid ainult joonestatakse.

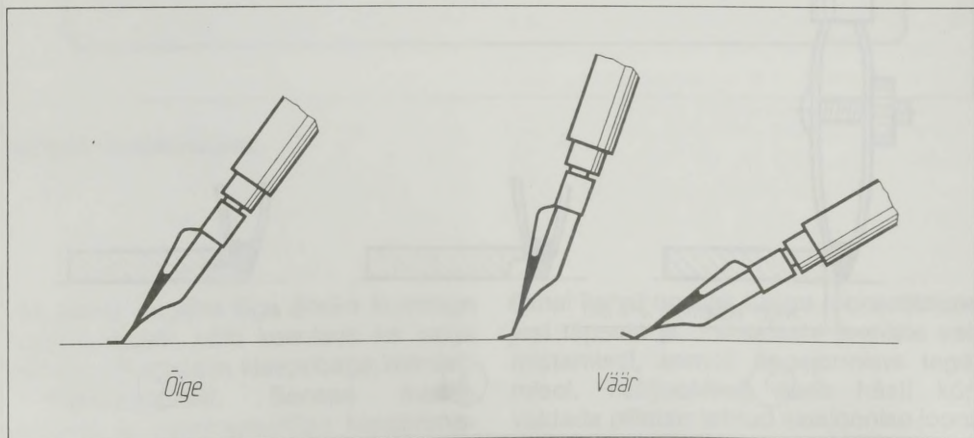
Kirjutussuled (joon. 1.6) on mõeldud tušijooniste viimistlemiseks ning tušiga kirjutamiseks. Peensulega tehakse mõõtjoonte nooled ja vajalikud pisiparandused.

Samuti kirjutatakse peensulega väga väikest kirja. Suuremate kirjade jaoks on harilik kirjutussulg ja redissuled (ketassuled) ketta läbimõõduga $1/2$, $3/4$, 1 , $1\ 1/2$ ja 2 mm. Kirjutamise ajal peab redissule ketas toetuma täie tallaga vastu paberit, vaid siis on tagatud joone ühtlane jämedus (joon. 1.7).

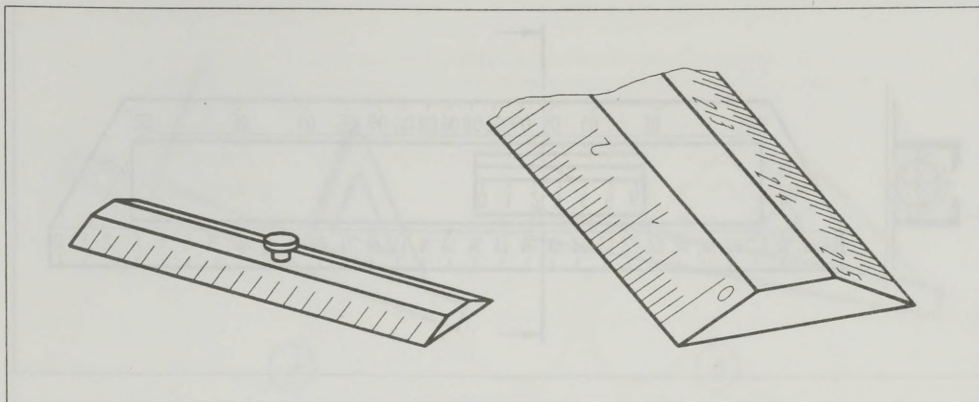
Peale joon- ja kirjutussulgede on saadaval kvaliteetsemad ja tootlikumad, kuid tunduvalt kallimad tušivahendid — *rapidograafid*, mis nõuavad ka spetsiaalset tuši ning erinevat joonestustehnikat (rapidogaafi hoitakse alati püstiasendis). Pärast tarvitamist tuleb kõik tušiga kokku puutunud vahendid jahedas vees loputada ja lapiga puhtaks pühkida.

Traditsioonilisi tušivahendeid on välja vahetamas küllaltki kvaliteetsed tööd võimaldavad kalibreeritud joonega tintpliiatsid, viltpliiatsid ja kuulsulepead.

Mille kaasabil jooni tõmmata? Kui inimkäsi oleks võimeline tegema õige kujuga ja pikkusega jooni, siis poleks mingeid abivahendeid vaja. Selline oskus on teretulnud eskiiside ehk vabakäejooniste (vt. ptk. 7) valmistamisel, kus kiirus on esmatähtis. Kunstnikud nimetavad joonestusvahendeid isegi "mehaa-



JOONIS 1.7. Redissule õige ja väär asend kirjutamisel

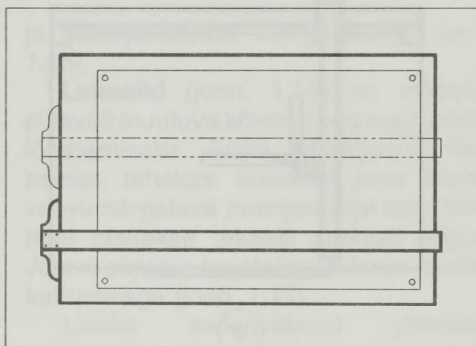


JOONIS 1.8. Mõõtejoonlaud ja skaalade asetus joonlaul

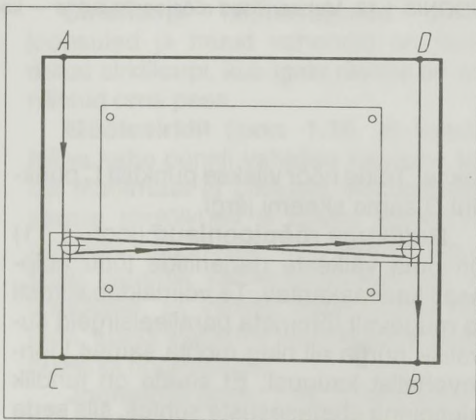
nilisteks karkudeks", mis tervet inimest paratamatult segavad. Täpses mõõtkavas tehtud joonised võimaldavad siiski kujutatud objekti paremini tunnetada ning juba visuaalselt otsustada tema sobivuse üle (proportsioonid, tugevus, koostamisvõimalus jne.).

Joonlaud. Sirgjoonte tõmbamiseks kasutatakse põhiliselt joonlaudu, kuid ka kolmnurki. Joonlaua serv peab olema sirge ning ilma täketeta. Mõõtejoonlaud (joon. 1.8) on eriti täpse skaalaga ning seda kasutatakse pikkuste ülekandmiseks joonisele, samuti joonisel olevate pikkuste mõõtmiseks. Mõõtejoonlaua skaalade jaotuskriipsud ulatuvad kuni joonise pinnani, soodustades täpset mõõtmist. Tušijooni sellise joonlaua abil ei tõmmata.

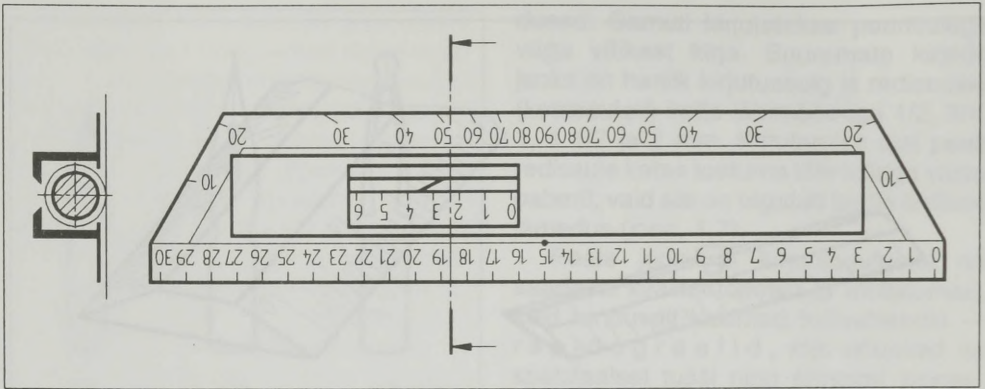
Rõhtsate rõõpjoonte tõmbamiseks sobib T-kujuline juhtklotsiga joonlaud (joon. 1.9). Samal otstarbel kasutatakse ka lihtsa konstruktsiooniga nõörrõõpjoonlauda (joon. 1.10). Joonlaua kummaski otsas on kahe soonega rullid, üle nende aga pingutatakse tugevad nõörid (kapron, tamiil). Üks nõör kinnitatakse punktis A joonestuslaua külge ja viiakse nooltega näidatud suunas üle rullide punktini B, kus samuti kinnitatakse. Teine nõör viiakse punktist C punk-



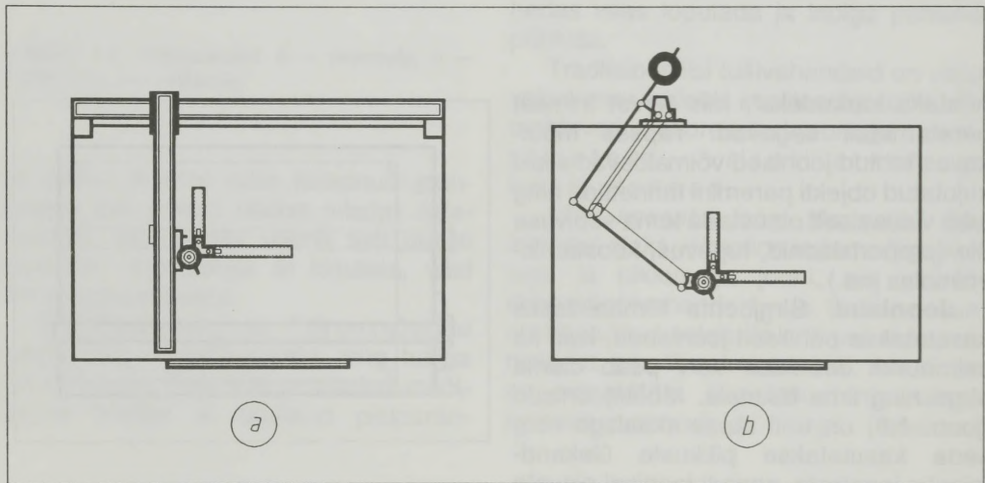
JOONIS 1.9. T-kujuline rõõpjoonlaud



JOONIS 1.10. Nõör-rõõpjoonlaud



JOONIS 1.11. Rullikuga rööpjoonlaud



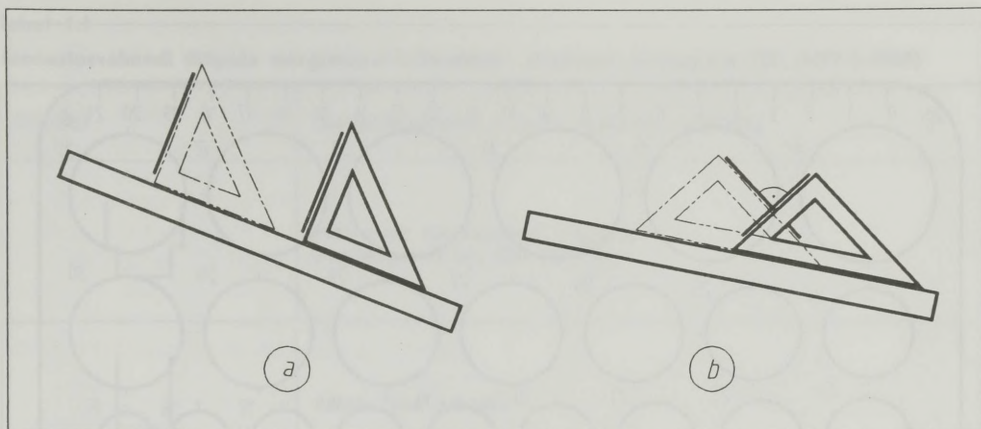
JOONIS 1.12. Mehaanilised rööpjoonlauad: a — koordinaattüüpi; b — pantograaftüüpi

takse. Teine nöör viiakse punktist C punkti D sama skeemi järgi.

Rullikuga rööpjoonlaud (joon. 1.11) on oma väikeste gabariitide tõttu hõlpsasti kaasaskantav. Ta võimaldab kiiresti ja mugavalt tõmmata paralleelsirgeid suvalise nurga all ning mõõta samas joonetevahelist kaugust. Et seade on tundlik aluspinna ebatasasuste suhtes, siis seda ei ole soovitatav kasutada üksteisest liiga

kaugel asuvate (150...200 mm) rööpjoonte tõmbamiseks.

Kõige täiuslikumad on mehaanilised rööpjoonlauad koos joonestuslaudadega. Koordinaattüüpi rööpjoonlaud (joon. 1.12, a) on eriti täpne, võtab vähe ruumi, võimaldab teha väga suuri jooniseid, omab rõht- või vertikaallikumise blokeeringuid; puuduseks on mõnevõrra suur inerts. Viimasest



JOONIS 1.13. Rööplükke võtte: *a* — paralleelsirgete joonestamisel; *b* — ristsirgete joonestamisel

puudusest on vaba kergekäiguline ja hääletu pantograaftüüpi rööpjoonlaud (joon. 1.12, *b*), kuid ta on eelmisest ebatäpsem ning nõuab vastukaalu liikumiseks enam lisaruumi.

Kõige lihtsam viis paralleel- ja ristsirgete saamiseks on võtte, kui lisaks joonlaule kasutatakse ka joonestuskolmnurka (joon. 1.13). Esmalt asetatakse kolmnurk külgepidi ühtima lähtesirgega ning surutakse tugevasti vastu paberit. Seejärel toetatakse joonlaud kergelt, kuid kindlalt vastu kolmnurga teist, vaba külge ning surutakse omakorda paigale. Edasi libistatakse kolmnurk piki joonlauda kuni ettenähtud kohani. Joone tõmbamisel tuleb muidugi kolmnurga paigal hoida. Rööplükke õnnestub, kui kolmnurk ja joonlaud ei ole fikseerimata olekus üheaegselt.

Lisaks sirgetele joonlaudadele on laialt kasutuses ka kõverad — trafaretid ja lekaalid.

Trafaretid ehk šabloonid (joon. 1.14) on ette nähtud kindlate joonkujundite (ka kirjade) või joonelementide tegemiseks. Moodus on kiire ja mugav, kuid mõnevõrra ebatäpne. Täpsuse suurendamise huvides on trafaretid varustatud nende jaoks sobiva kirjutusvahendi tüübi

ja joonejämeduse märgistusega (joon. 1.15).

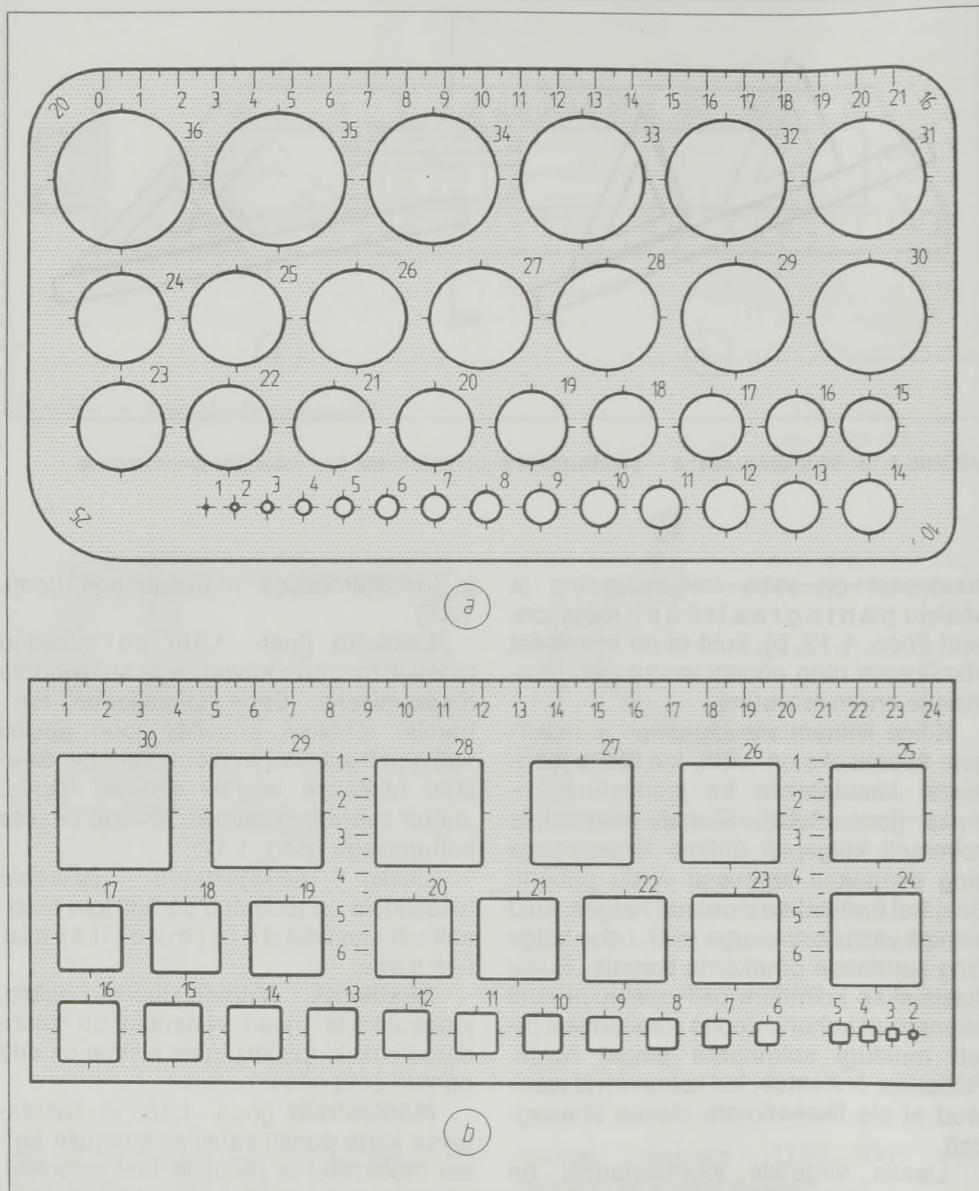
Lekaalid (joon. 1.16) on mõeldud pidevalt muutuva kõverusega sujuvjoonte tõmbamiseks. Enne lekaaljoone tõmbamist tehakse soovitatav joon käsitsi vaevumärgatava peenjoonega ette. Seejärel otsitakse lekaalil sobivad lõigud. Joone sujuvus tagatakse lõikude osalise kattumisega (joon. 1.17).

Lisaks eelkirjeldatud jäikadele lekaalidele on toodetud samuti kas elastiselt või plastselt deformeeritavaid lekaale.

Sirklikarp. Mitmesugused sirkliid, joonsuled ja muud vahendid on koondataud sirklikarpi, kus igale riistale on ette nähtud oma pesa.

Mõõtesirkli (joon. 1.18, *a*) kasutatakse kahe punkti vahelise kauguse täpsel mõõtmisel ja pikkuste ülekandmisel, samuti sirglõikude ja kaarte võrdseteks osadeks jagamisel. Mõõtesirkli teravik jätab paberile vaevumärgatava vao või augukese. Et viimast mitte silmist kaotada, tuleks see kohe märgistada (näiteks nullsirkli ringikesega).



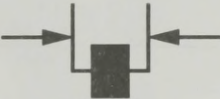


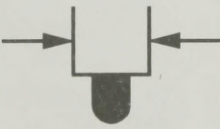


Joonsirkli (joon. 1.18, *b*) ühe liigendharu pesasse saab kinnitada grafiidihoidiku, teise tugitallaga nõela. Korras

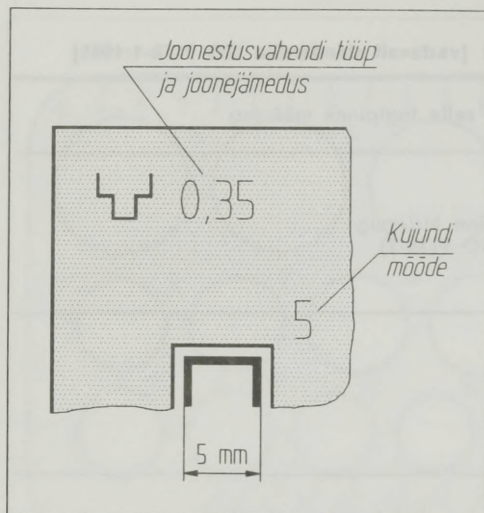


JOONIS 1.14. Trafaretid: a — ringjoonte (kaarte) joonestamiseks; b — ruutude joonestamiseks

Tabel 1.1

Joonestusvahendi tüüptide märgistused trafarettidel (vastavalt standardile ISO 9178-1:1988)

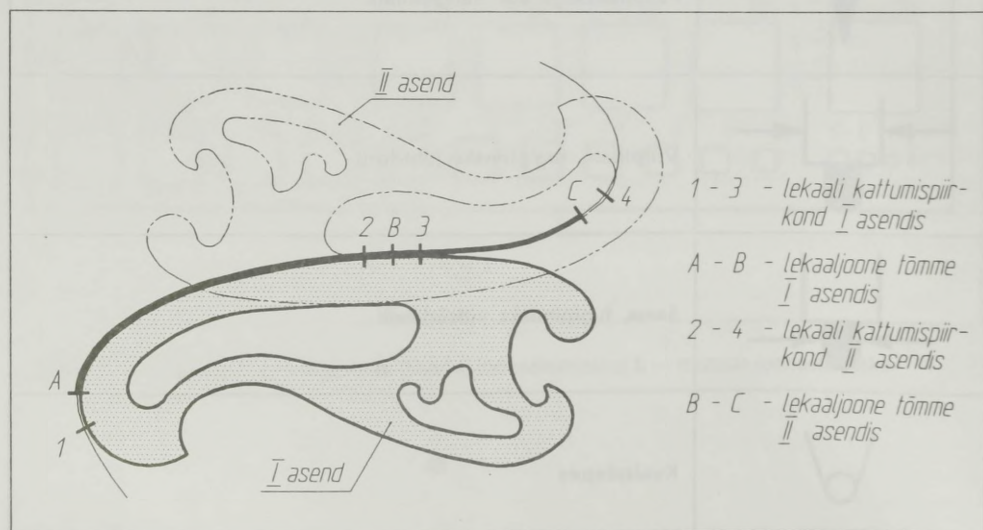
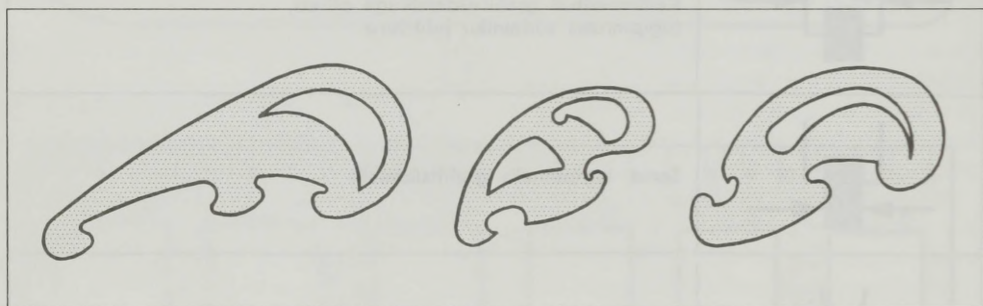
Sümbol	Joonestusvahend ja selle tugipinna määrang
	Astmeline torukujuline kirjasulg (rapidograaf) (vt. ISO 9175-1)
	Sama, ilma astmeta
	Kalibreeritud grafiitsüdamikuga pliiats, tugipinnaks südamiku juht-toru
	Sama, tugipinnaks grafiitsüdamik
	Puitümbriisega või tsang-pliiats
	Viltpliiats, tugipinnaks juht-toru
	Sama, tugipinnaks viltsüdamik
	Kuulsulepea



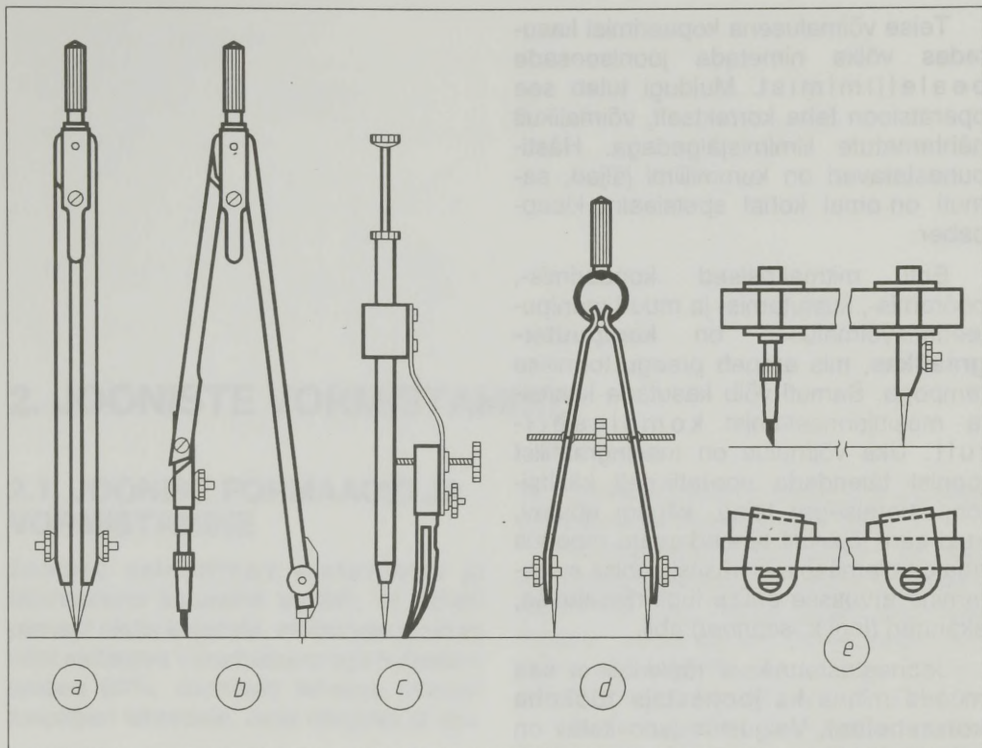
sirkli ulatuvad tald ja grafiidi ots korraga paberile. Mõõtuseadmisel hoitakse sirkli otsikute lähedalt, joone tõmbamisel aga võimalikult kaugelt — ülevalt nupust. Oluline on ka sirkli reguleerimiskruvi õige pingus. Loksuga (vabakäiguga) sirkel on töökohtmatu. Sirkli grafiidihoidikusse kinnitatakse pehmem süsi (teritust vt. joon. 1.2, c) kui seda on pliiatsi oma sirgjoonte tõmbamisel. Suurte ringide joonestamisel kasutatakse harupikendit, kusjuures grafiidihoidik seatakse joonisepinaga risti.

⇨ JOONIS 1.15. Joonestustrafareti märgistus

⇩ JOONIS 1.16. Lekaalid



JOONIS 1.17. Lekaalkõvera konstrueerimine



JOONIS 1.18. Sirklite tüüpe: a — möötesirkel; b — grafiidihoidikuga joonsirkel; c — joonsulega nullsirkel; d — kruvisirkel; e — varbsirkel

Nullsirkel (joon. 1.18, c) on ette nähtud väga väikeste ringide (läbimõõduga 0,5...1,0 mm) tegemiseks, kruvisirkel (joon. 1.18, d) — täppisjoonestamiseks, mil sirkli sammu on vaja väga täpselt reguleerida. Tušiga töötamisel vahetatakse grafiidihoidik kõvera otsaga joonsule vastu (vt. joon. 1.18, c).

Eriti suurte radiuste (üle 300 mm) korral tuleb kasutada **varbsirkli**, mida pole keeruline ka ise valmistada (joon. 1.18, e).

Joonise valmistamine ilma joonestamiseta? Nimelt, kasutades täiuslikku **kopeerimistehnikat**, on võimalik joonise valmistamise aega ja vaeva tunduvalt kokku hoida. Tähelepanelik jooniste analüüs näitab, et teatud joonisele-

mendid korduvad ning neid oleks otstarbekas teisele joonisele üle kanda mitte ümberjoonestamise, vaid kopeerimise teel. Sellisteks korduvateks elementideks on näiteks raamjoon ja kirjanurk, tüüpdetailide kujutiste ja ka mõõtmestiku osad, standardsed märkused ja muu informatsioon.

Uhe võimalusena võib kopeerimise teel teha nn. poolfabrikaatjooniseid, mis esialgu sisaldavad ainult püsivat (korduvat) infohulka. Lisades hiljem ülejäänud (muutuva) info, olemegi saanud kerge vaevaga täisväärtusliku joonise. Muidugi tuleb püsiinfo osa enne kopeerimist eriti hoolikalt üle kontrollida, sest paranduste tegemine koopia on tunduvalt tülikam kui algsel pliatsijoonisel.

Teise võimalusena kopeerimist kasutades võiks nimetada jooniseosade pealeliimimist. Muidugi tuleb see operatsioon teha korrektselt, võimalikult nähtamatute liimimisjälgedega. Hästi puhastatavad on kummiliimi jäljed, samuti on omal kohal spetsiaalne kleeppaber.

Eriti mitmekesised kopeerimis-, pööramis-, kustutamise- ja muud manipuleerimisvõimalused on **kompuutergraafikas**, mis areneb praegu tormilise tempoga. Samuti võib kasutada käsitsi- ja masinjoonestamist kombineeritult. Üks võimalus on masingraafilist joonist täiendada operatiivselt käsitsi joonestamisega; teine, vägagi nõutav, kuid seni lõplikult lahendamata moodus aga on olemasoleva käsitsijoonise sisetamine arvutisse erilise lugemisseadise, skänneri (ingl.k. *scanner*) abil.

Joonestustehnikast rääkides ei saa mööda minna ka **joonestaja töökohta korrashoiust**. Valgustus (soovitav on hajutatud valgus vasakult ja eest, kõige parem — päevavalgus), istme ja joonestuslaua õige kõrgus ning asend, joonestusvahendite ja infoallikate käepärasus ning muud tegurid peaksid tagama maksimaalse mugavuse. Küllalt tähtis on puhtus — käed ja joonestusvahendid ei tohiks paberit määrida. Kustutamisel tekivad puru tuleks eemaldada pehme ja puhta harjakese või lapiga. Pliiatsit ei teritata ja joonsulge ei täideta tušiga mingil juhul joonise kohal! Pärast pliiatsi teritamist liivapaberil tuleks südamikult pühkida lahtine grafiidipuru lapikesega. Ka oma varrukaid ning käsivärsi ei ole mõtet määrida. Käe alla joonisel võib panna ajutiselt kattepaberi. Pooleliolev joonis tuleks katta kaitsepaberiga.

Käesolevas peatükis käsitletud võiks tinglikult nimetada joonestamise "riistvaraks". Veel tähtsam on aga "tarkvara" (joonestaja teadmised — mida, kuhu, kuidas, miks jne. joonestada), millest tuleb juttu järgmistes peatükkides.

2. JOONISTE VORMISTAMINE

2.1. JOONISE FORMAADID JA VORMISTAMINE

Joonise esteetiliselt vastuvõetav ja ökonoomne kujundus eeldab, et paberi pinnast oleks kujutiste, mõõtmete ja teksti näol esitatava informatsiooniga hõlmatud umbes 60%. Joonised tehakse joonestuspaberi lehtedele, mille kõrguse ja lai-

se vahekord ehk formaat on kindlaks määratud standardiga ISO 5457.

Põhiformaadid saadakse 1 m^2 suuruse pindalaga paberi, mille mõõtmed on $841 \times 1189 \text{ mm}$, järk-järgulisel jaotamisel lühema serva suhtes paralleelse lõikejoone abil pooleks (joon. 2.1). Põhiformaatide tähised on A0, A1, A2, A3 ja A4.

Lisaformaadid moodustatakse põhiformaatide lühema serva täiskordse suurendamisega. Lisaformaadi tähiseks kujuneb vastava põhiformaadi tähis koos tema lühema külje kordajaga, näiteks A2 x 3, mille suurus on $594 \times 1261 \text{ mm}$ (tabel 2.1). Formaate võib kasutada horisontaalsetena või vertikaalsetena (joon. 2.3).

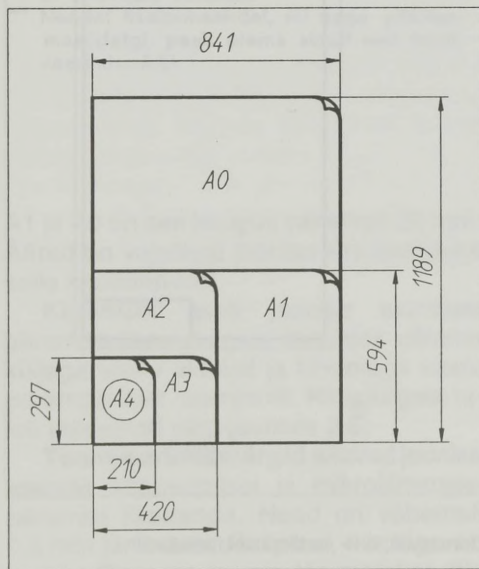
Igale joonisele tehakse:

- raamjooned;
- kirjanurk;
- tsentreerimismärgid.

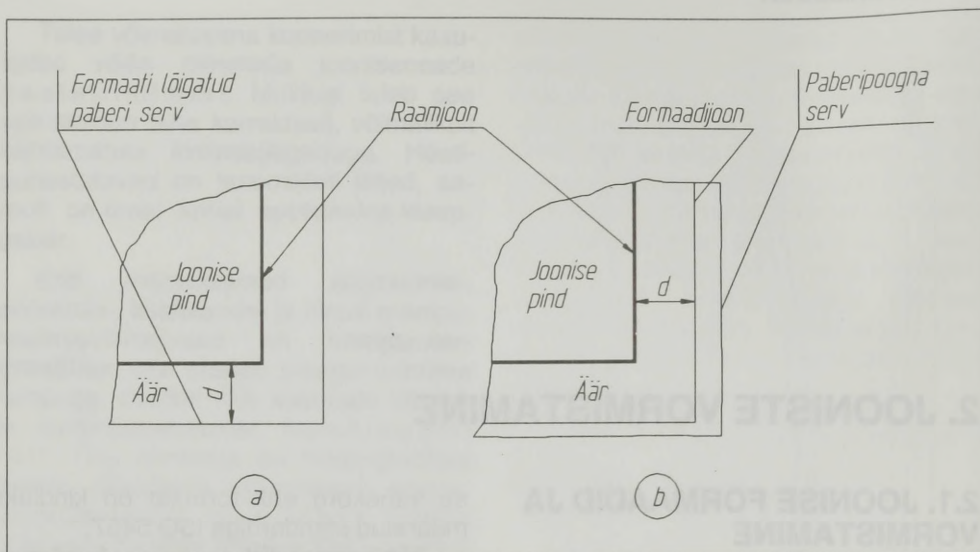
Vajaduse korral võivad joonisel olla veel:

- köiteriba;
- orientatsioonimärgid;
- meetermõõdustiku skaala;
- tsoonideks jagamise tähised;
- formaatilõikamise märgid.

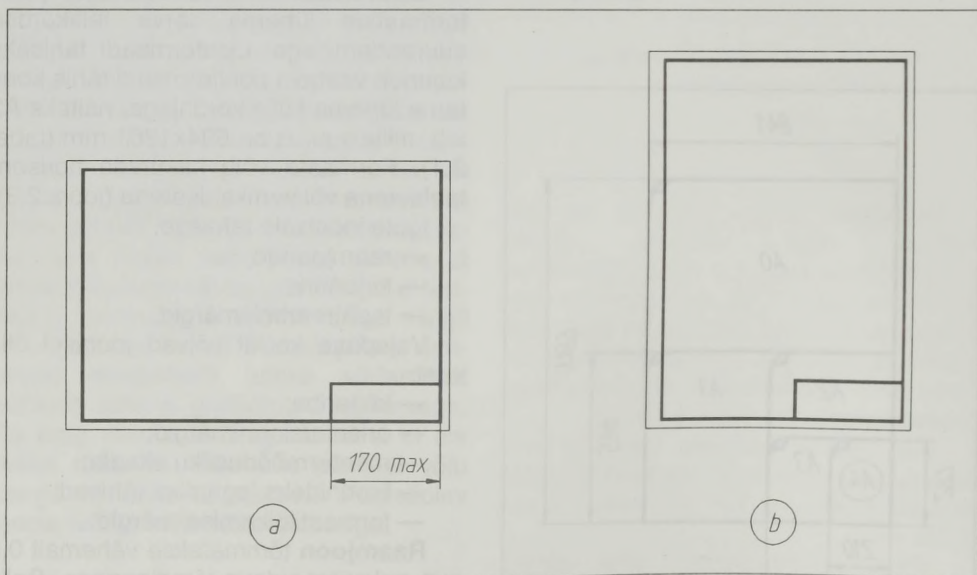
Raamjoon tõmmatakse vähemalt 0,5 mm paksuse pideva jämejoonega. Selle kaugus formaatselt mõõtulõigatud paberi servadest (joon. 2.2, a) või formaadijoonest (joon. 2.2, b) on formaatidel A4, A3, ja A2 vähemalt 10 mm, kuid formaatidel



JOONIS 2.1. Põhiformaadid



JOONIS 2.2. Raamjoon ja ääred: d — ääre minimaalne laius on kas 20 mm (formaatidel A0 ja A1) või 10 mm (formaatidel A2, A3 ja A4)



JOONIS 2.3. Kirjanurga paigutus: a — horisontaalsel formaadil; b — vertikaalsel formaadil

Tabel 2.1

Jooniselehtede formaadid

Põhiformaadid		Lisaformaadid	
Tähis	Mõõtmed mm	Tähis	Mõõtmed mm
A0	841×1189	A0×2 A0×3*	1189×1682 1189×2523
A1	594×841	A1×3 A1×4*	841×1783 841×2378
A2	420×594	A2×3 A2×4 A2×5	594×1261 594×1682 594×2102
A3	297×420	A3×3**	420×891
		A3×4**	420×1189
		A3×5	420×1486
		A3×6	420×1783
		A3×7	420×2080
A4	210×297	A4×3**	297×630
		A4×4**	297×841
		A4×5**	297×1051
		A4×6	297×1261
		A4×7	297×1471
		A4×8	297×1682
		A4×9	297×1892

* Ei soovitata kasutada

** Nendel lisaformaatidel, nii nagu põhiformaatidelgi, peab olema ainult neli tsentreerimismärki

A1 ja A0 on see kaugus vähemalt 20 mm. Ääred on vajalikud joonise kinnitamiseks selle kopeerimisel.

Kirjanurk asub joonise alumises parempoolses nurgas, toetudes pikema küljega vastu alumist ja lühemaga vastu parempoolset raamjoont. Kirjanurgast tuleb täpsemalt juttu jaotises 2.6.

Tsentreerimismärgid aitavad joonise asendit kopeerimisel ja mikrofilmimisel paremini fikseerida. Need on vähemalt 0,5 mm jämedused kriipsud, mis algavad formaadijoonest ja mis tõmmatakse üle raamjoone joonise pinnale ligikaudu 5 mm ulatuses (joon. 2.4).

Põhiformaatidel ja väiksematel lisaformaatidel (tabelis 2.1 on viimased märgistatud kahe tärniga **) tehakse tsentreerimismärgid joonise iga nelja külje keskele. Suuremate lisaformaatide pike-mad küljed varustatakse veel täiendavate tsentreerimismärkidega iga pildistatava osa keskel. Nüüd omistatakse igale kaadrile järjekorranumber ning vajaduse korral ka joonise tähis.

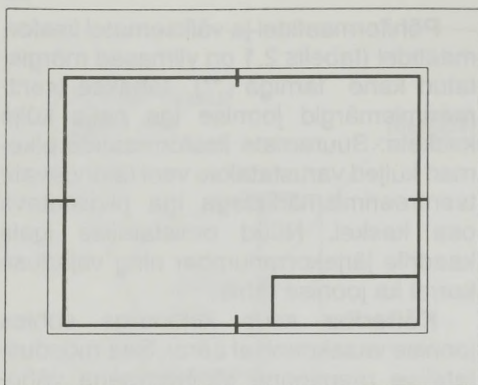
Kõiteriba asub kirjanurga suhtes joonise vasakpoolsel äärel. See moodustatakse raamjoone tõmbamisega vähemalt 20 mm kaugusele kas formaadijoonest või formaatilõigatud paberi servast.

Orientatsioonimärgid (joon. 2.5) aitavad joonise lehte joonestuslaua suhtes õigesse asendisse seada. Märgid (neid on kaks) paigutatakse raamjoonel tsentreerimismärkide peale: üks joonise alumisele, teine vasemale küljele. Seega ühe märgi teravik osutab alati joonestaja suunas (joon. 2.6). Orientatsioonimärk tõmmatakse välja pideva peenjoonega.

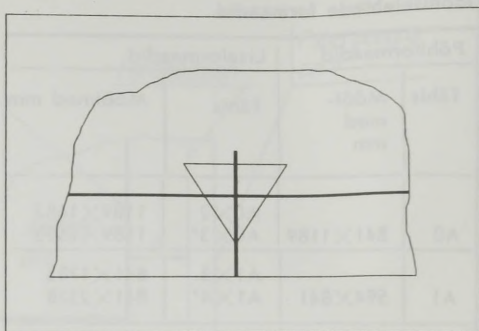
Meetermõõdustiku skaala (joon. 2.7) on soovitatav kanda kõigile joonise lehtedele. Skaala on ilma numbriteta, selle jaotuse väikseim vahe on 10 mm. Skaala paigutatakse 100 mm pikkuse ja kuni 5 mm laiuse ribana joonisepinnast väljapoole vastu raamjoont tsentreerimismärgi suhtes sümmeetriliselt.

Kui joonis on liiga suur ja ei mahu mikrofilmi ühte kaadrisse, tuleb meetermõõdustiku skaalat, nii nagu tsentreerimismärkegi, joonise igal pildistataval osal korrata. Skaala tõmmatakse välja pideva jämejoonega.

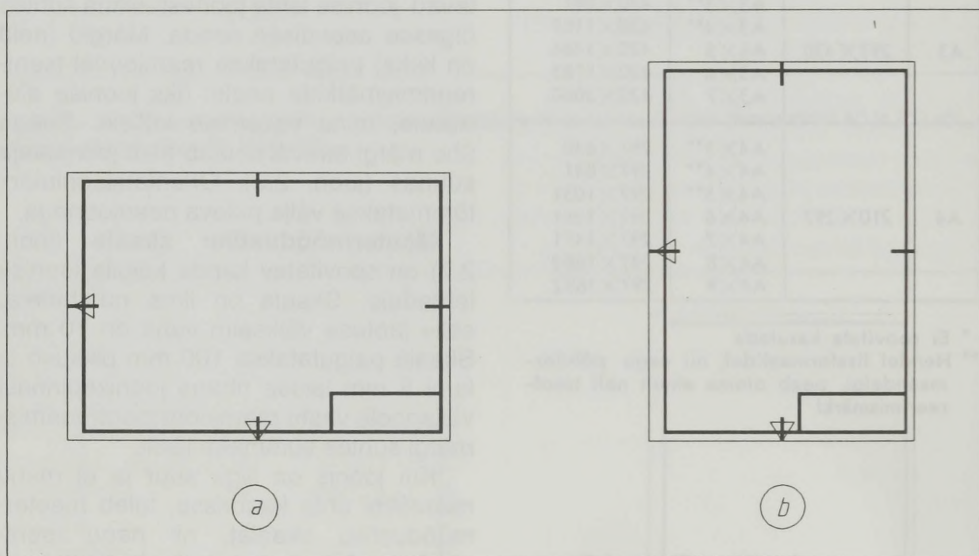
Väljad (kirjanduses ka *tsoonid*). Kee-ruka seadme koostejoonisel hõlbustab toote üksikosade tähiseid e. viitenumbreid (kirjanduses ka *positsiooninumbreid*) leida joonisepinna jaotamisega väiksemateks kujuteldavateks väljadeks. Mistahes formaadiga joonise liigendamisel peab riskikülükujuliste väljade hulk jaguma kahega. Kuigi standard ISO 5457 soovitatav välja külgede mõõtmed võtta vahemikust 25...75 mm, võiksid need olla ka pikemad (joon. 2.8).



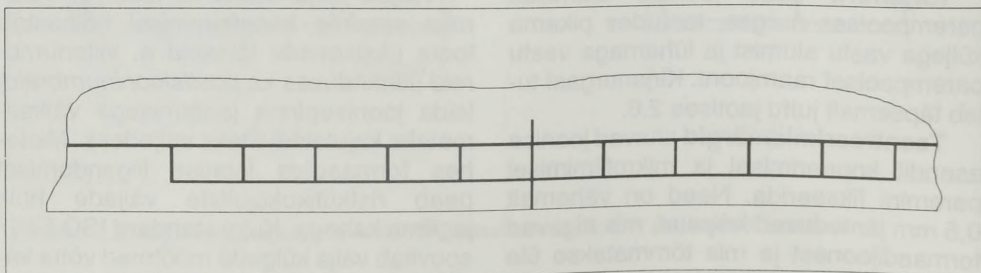
JOONIS 2.4. Tsentreerimismärgid



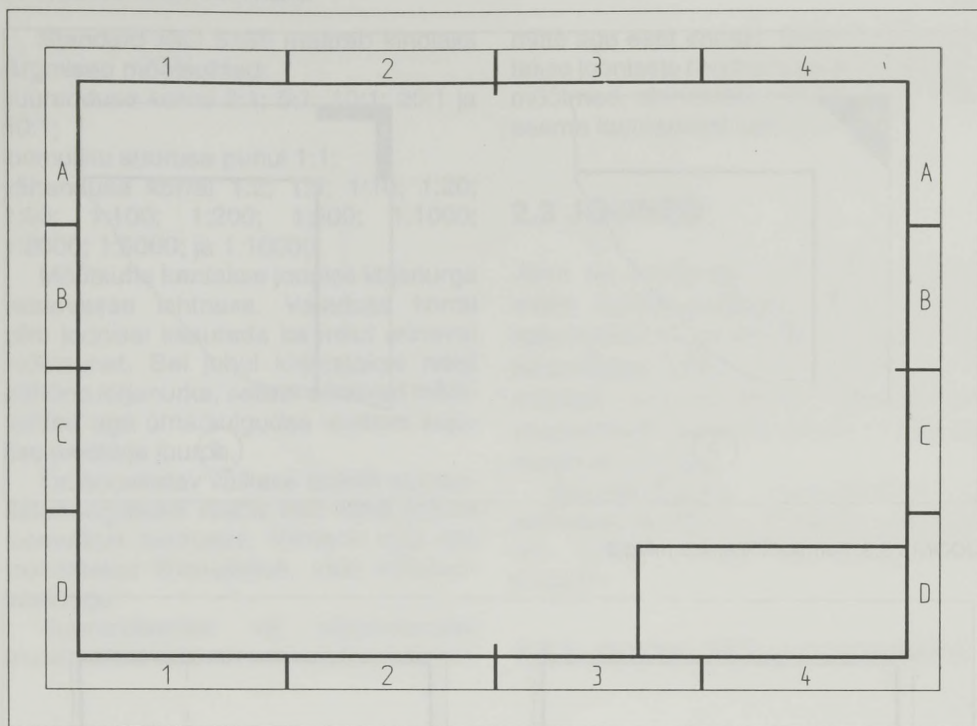
JOONIS 2.5. Orientatsioonimärk



JOONIS 2.6. Orientatsioonimärkide kasutamine: a — horisontaalsel formaadil; b — vertikaalsel formaadil



JOONIS 2.7. Meetermõõdustiku skaala



JOONIS 2.8. Joonisepinna jagamine väljadeks

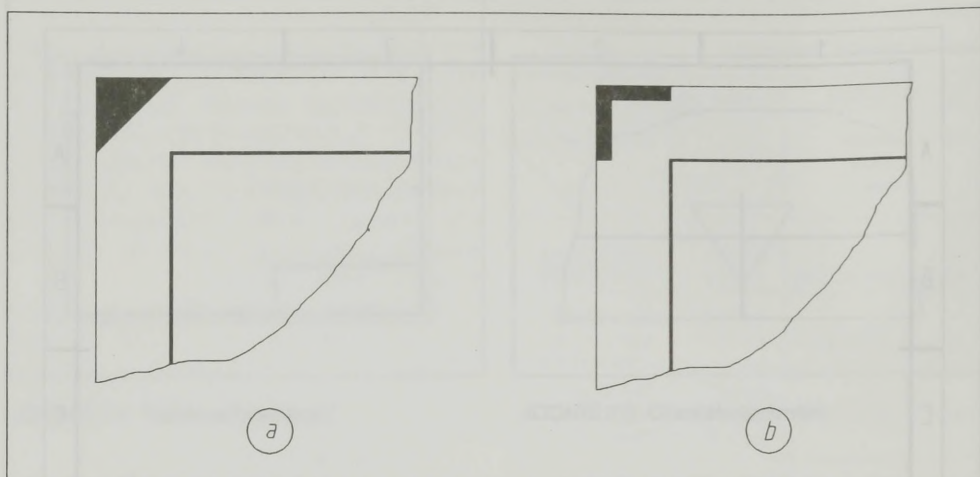
Väljad märgistatakse vähemalt 0,5 mm jämeduste kriipsudega raam- ja formaadijoone vahel. Väljade tähistamist alustatakse kirjanurga suhtes diagonaalsest vastasnurgast: piki joonise rõhtsat äärt, st. vasakult paremale — araabia numbritega, piki püstist äärt, st. ülalt alla — ladina suurtähtedega. Tähiseid korratakse joonise vastasäärtel. Nii tähed kui numbrid tehakse püstkirjas formaadijoonest või formaatilõigatud paberi servast vähemalt 5 mm kaugusele. Seega kujuneb mistahes joonise välja tähiseks tähest ja numbrist koosnev kombinatsioon, näiteks A2, C1, B3 jt.

Formaatilõikamise märgid lihtsustavad jooniselehe kindlas suuruses väljalõikamist automaatlõikemasinatel. Need joonestatakse formaadi igasse nelja nurka. Märkideks on kas seest

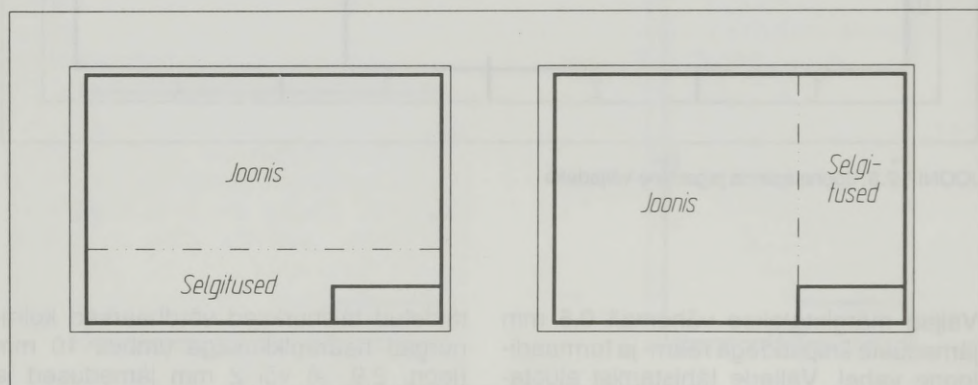
täidetud täisnurksed võrdhaarsed kolmnurgad haarapikkusega umbes 10 mm (joon. 2.9, a) või 2 mm jämedused ja ligikaudu 10 mm pikkused ning teineteise suhtes täisnurgi paiknevad kriipsud (joon. 2.9, b). Ühel ja samal joonisel tuleks kasutada ühetüübilisi märke.

Mitmesugused **selgitused** ja teksti kujul esitatavad **tehnilised nõuded** paigutatakse kas kirjanurga kõrvale või kirjanurgast kõrgemal asuvalle alale (joon. 2.10).

Selgitusena võib anda näiteks pinnakareduse tähiseid, nõudeid materjali ja termilise või termokeemilise töötlemise kohta, samuti mitmesuguseid viiteid, märgistusi, sümboleid, ühikuid, paigutusjooniseid jm. Erinevad selgitused või nõuded nummerdatakse. Kui selgitusi on vaid üks, siis järjekorranumbrit ette ei kirjutata.



JOONIS 2.9. Formaatilõikamise märgid



JOONIS 2.10. Selgituste kandmine joonisele

2.2 MÕÕTKAVA

Kõige parema ülevaate esemest annab niisugune joonis, millel kujutised on mõõtemetelt sama suured kui ese ise. Kui ese on küllalt suur, tuleb tema kujutisi joonisel vähendada. Liiga väikesest esemest loovad selgema pildi suurendatud kujutised.

Eseme ja temast joonisel tehtud kujutiste suuruse vahet korda selgitab

mõõtkava ehk mastaap. Mõõtkava numbriliseks väljenduseks on mõõtsuhe. See koosneb kahest suhtena kirjutatud numbrist, kusjuures vähenduse korral seisab number 1 esimesel, aga suurenduse korral teisel kohal. Näiteks mõõtsuhtest 1:5 selgub, et eseme kujutised on tema tegelikust suurusest 5 korda väiksemad, mõõtsuhe 2:1 aga näitab, et kujutised on esemest 2 korda suuremad.

Standard ISO 5455 määrab kindlaks järgmised mõõtsuhted: suurenduse korral 2:1; 5:1; 10:1; 20:1 ja 50:1;

loomuliku suuruse puhul 1:1;

vähenduse korral 1:2; 1:5; 1:10; 1:20; 1:50; 1:100; 1:200; 1:500; 1:1000; 1:2000; 1:5000; ja 1:10000.

Mõõtsuhe kantakse joonise kirjanurga vastavasse lahtrisse. Vajaduse korral võib joonisel kasutada ka mitut erinevat mõõtsuhet. Sel juhul kirjutatakse neist põhiline kirjanurka, sellest erinevad mõõtsuhted aga ümarsulgudes vastava kujutise pealkirja juurde.

On soovitatav väikese objekti suurendatud kujutisele lisada veel tema kujutis loomulikus suurus. Viimane võib olla joonestatud lihtsustatult, vaid väliskontuuridega.

Suurendamisel või vähendamisel muudetakse vaid eseme kujutise suurust,

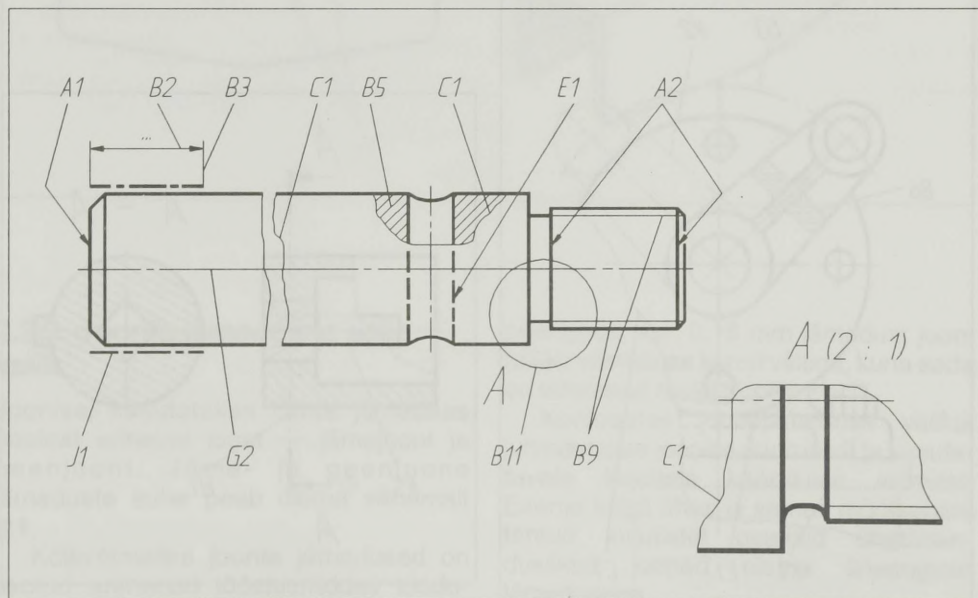
mitte aga eset ennast. Seepärast kirjutatakse joonisele tingimata eseme tegelikud mõõtmed, olenemata mõõtsuhtest, mida eseme kujutamisel kasutati.

2.3 JOONED

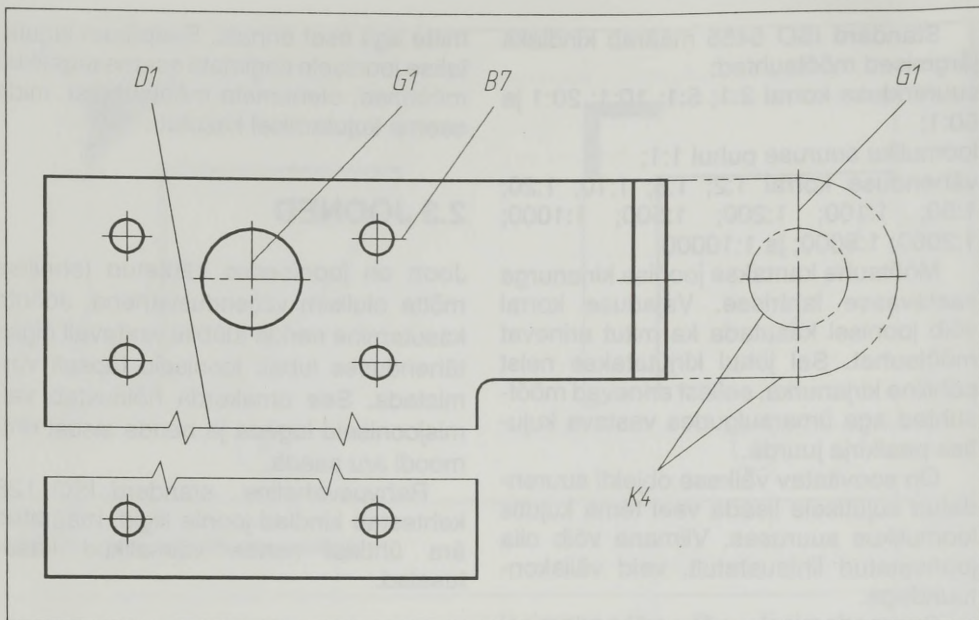
Joon on joonisesse kätketud tehnilise mõtte olulisim väljendusvahend. Joonte kasutamine nende tüübile vastavalt õiges tähenduses lubab jooniseid täpselt vormistada. See omakorda hõlbustab valmisjooniseid lugeda ja nende sisust ühtmoodi aru saada.

Rahvusvaheline standard ISO 128 kehtestab kindlad joonte liigid, määrates ära ühtlasi nende võimalikud kasutusalad.

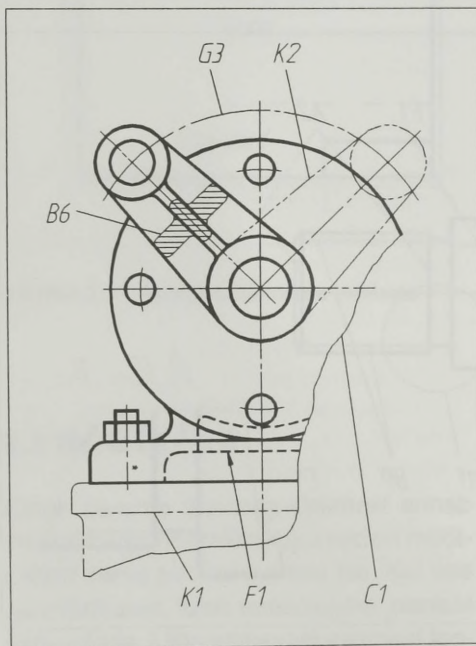
2.3.1. Joonte liigid ja kasutusalad



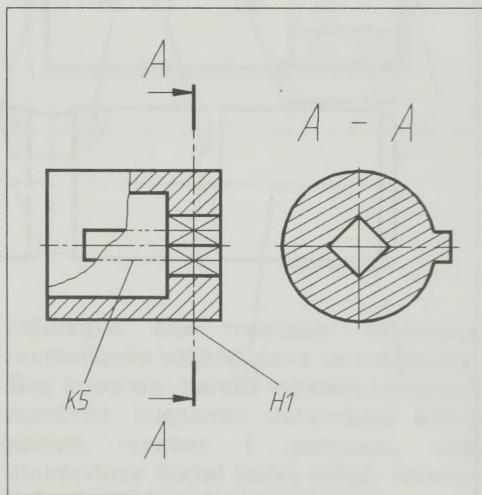
JOONIS 2.11. Joonte kasutusalad: A1 — nähtav kontuurjoon; A2 — nähtav ülemineku- ja servajoon; B2 — mõõtjoon; B3 — distantjoon; B5 — viirusjoon; B9 — keermepõhjajoon; B11 — väljatoodud elemendi eraldusjoon; C1 — katkestusjoon, vaate ja lõike eraldusjoon; E1 — varjatud kontuur; G2 — sümmeetriatelg; J1 — terminiliselt töödeldud pinna märgistusjoon



JOONIS 2.12. Joonte kasutusalasid: B7 — lühike tsentrijoon; D1 — katkestusjoon; G1 — pikk tsentrijoon; K4 — kontuur enne painutamist

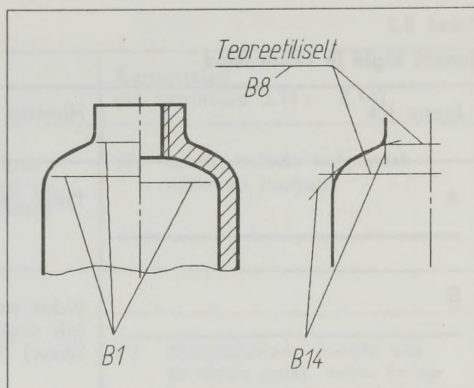


JOONIS 2.13. Joonte kasutusalasid: H1 — löikepinna kulgemist näitav joon; K5 — löikepinna ees asuva elemendi kontuur

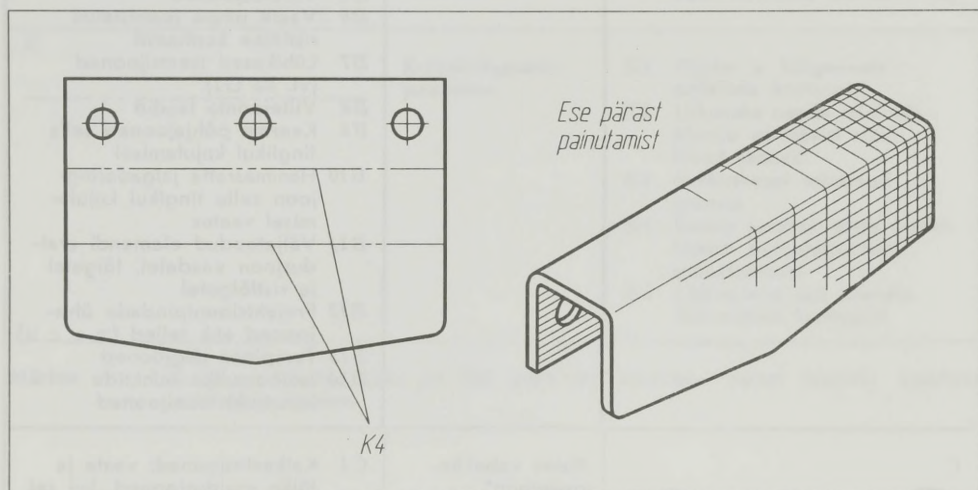


JOONIS 2.14. Joonte kasutusalasid: B6 — pealejoonestatud ristlõike kontuur; C1 — katkestusjoon; F1 — varjatud kontuur; G3 — trajektoori märkiv joon; K1 — piirdedetaili kontuur; K2 — toote liikuva osa kontuur, mis näitab selle äärmist asendit

JOONIS 2.15. Joonte kasutusalasid: B1 — pindade kujutletavad üleminekujooned; B8 — viitejoone laudi; B14 — iseloomulike punktide konstruksiooni-jooned



JOONIS 2.16. Joonte kasutusalasid: K4 — painutusjooned pinnalaotusel ↴



2.3.2. Joonte jämedus ja selle valik

Joonisel kasutatakse kahte jämeduse poolest erinevat joont — jämejoont ja peenjoont. Jäme- ja peenjoone jämeduste suhe peab olema vähemalt 2:1.




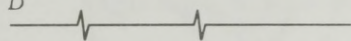



Kõikvõimalike joonte jämedused on seotud arenenud tööstusriikides toodetavate joonetõmbamise vahenditega (pliiatsid, rapidograafid). Seepärast on joonisel kasutatavad jooned piiratud jämeduste järgmise reaga: 0,18; 0,25; 0,35; 0,5; 0,7; 1; 1,4; ja 2 mm. Selles reas kõige

peenemat, s.o. 0,18 mm jämedust joont tuleks võimaluse korral vältida, kuna seda on tehniliselt raske kopeerida.

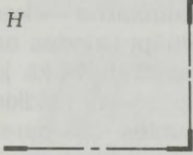


Konkreetses joonejämeduse valikul juhendatakse joonise suuruselt ja kasutatavate kujutiste keerukuse astmest. Esemel kõigil ühes ja samas mõõtsuhtes tehtud kujutistel peaksid ühetähenduslikud jooned olema ühesuguse jämedusega.

Tabel 2.2

Joonte liigid ja kasutusala

Joone liik	Nimetus	Kasutusala (vt. jooniseid 2.11 ... 2.16)
A 	Pidev jämejoon	A1 Nähtavad kontuurjooned A2 Nähtavad ülemineku- ja servajooned
B 	Pidev peenjoon (nii sirge kui kõver)	B1 Kujutletavad pindade üleminekujooned B2 Mõõtjooned B3 Distsantsjooned B4 Viitejooned B5 Viirutusjooned B6 Vaate peale joonistatud ristlõike kontuurid B7 Lühikesed tsentrijooned (vt. ka G1) B8 Viitejoonte laudid B9 Keerme põhjajooned selle tinglikul kujutamisel B10 Hammasratta jalgaderingjoon selle tinglikul kujutamisel vaates B11 Väljatoodud elemendi eraldusjoon vaadetes, lõigetel ja ristlõigetel B12 Projektsioonipindade ühisjooned ehk teljed (x, y, z, u) B13 Tasapinna jälgjooned B14 Iseloomulike punktide konstruktsioonijooned
C 	Pidev vabakäe-peenjoon*	C1 Katkestusjooned; vaate ja lõike eraldusjooned, kui sel puhul ei kasutata kriips-punktpeenjoont
D 	Murretega peenjoon*	D1 Sama, mis C1
E 	Jäme kriipsjoon*	E1 Varjatud kontuurjooned E2 Varjatud ülemineku- ja servajooned
F 	Peen kriipsjoon*	F1 Varjatud kontuurjooned F2 Varjatud ülemineku- ja servajooned
G 	Kriipspunkt-peenjoon	G1 Pikad tsentrijooned (vt. ka B7) G2 Sümmeetriateljed G3 Trajektoori märkivajooned

Tabel 2.2 järg

Joone liik	Nimetus	Kasutusalaad (vt. jooniseid 2.11 ... 2.16)
	Kriipspunktpeen- joon, otstest ja murdekohtadest järe	H1 Lõikepindade kulgemist näitavad jooned
	Kriipsunkt- järejoon	J1 Märgistusjoon joonte või pindade jaoks, mille kohta kehtivad erinõuded (pinna- kate, termiline töötlus v. m.)
	Kriipskakspunkt- peenjoon	K1 Piirde- e. külgnevate detailide kontuurid K2 Liikuvate osade teisi või äärmisi asendeid mär- kivad jooned K3 Raskuskeset märkivad jooned K4 Eseme kontuur enne painu- tamist; painutusjooned pinnalaotusel K5 Lõikepinna ees asuvate elementide kontuurid

Märkus * Kuigi on lubatud kaks eri liiki joont, on soovitatav samal joonisel kasutada vaid ühte nendest.

2.3.3. Joonte vahekaugus

Paralleeljoonte vaheline kaugus ei tohiks joonisel kunagi olla väiksem kui kahest kõrvutiolevast joonest jämedama joone kahekordne jämedus. On soovitatav, et see vahe ei oleks vähem kui 0,7 mm.

2.3.4. Projektsiooniliselt ühtelangevate joonte kujutamine

Kui joonisel ühes ja samas kohas langevad projektsiooniliselt kokku kaks või enam joont, tuleb niisugune koht välja tõmmata selle joonega, mille kasutusala on järgmises loetelus eespool.

1. Nähtav kontuurjoon või ülemineku- ja servajoon (vt. tabel 2.2, liik A).
2. Varjatud kontuurjoon või ülemineku- ja servajoon (liik F või E).
3. Lõikepindade kulgemist näitav joon (liik H).
4. Tsentrijoon ja sümmeetriatelg (liik G).
5. Raskuskeset märkivad jooned (liik K).
6. Distsantsjoon (liik B).

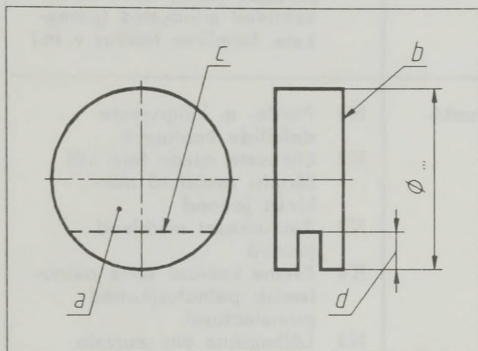
Koostu joonisel kujutatakse detailide kokuupuutuvaid pindu ühe ühise kontuuriga. Erandiks on kokuupuutuvate õhukeseseinaliste detailide lõikepinnad, mis tehakse mustaks ja jäetakse üksteisest veidi eemale (vt. joonis 3.59).

2.3.5. Viitejoonte otsad

Joonise teatud elemendile (pind, joon) osutamiseks kasutatakse viitejooni. Viitejoon, mis osutab kujutise pinnale, lõpetatakse seal punktiga (viide *a* joonisel 2.17).

Viitejoon, mis on suunatud nähtavale või varjatud kontuurile, lõpetatakse noole otsaga (viited *b* ja *c* joonisel 2.17).

Teistele jooneliikidele osutavad viitejooned on ilma punkti või nooleta (viide *d* joonisel 2.17).

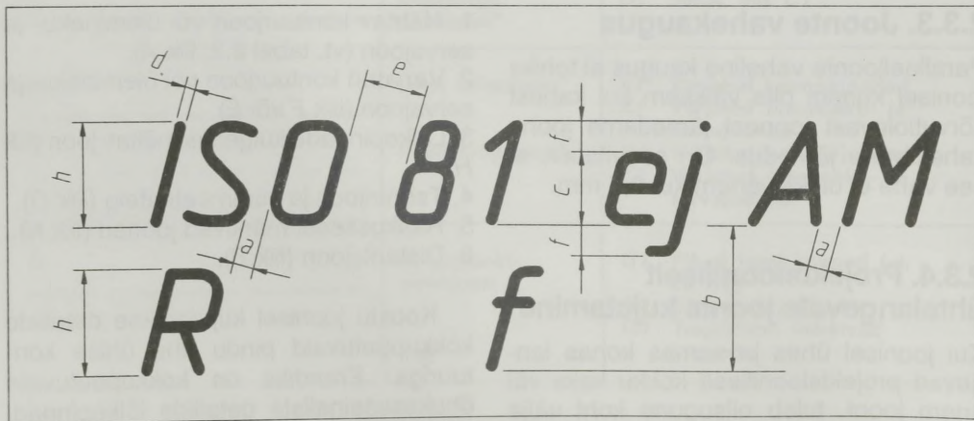


JOONIS 2.17. Viitejooned: *a* — pinnale; *b* — nähtavale kontuurile; *c* — varjatud kontuurile; *d* — mõnd teist liiki joonele, v.a. kontuur

2.4. NORMKIRI

Joonisel kirjutatakse kogu tekst normkirjas. Kirjutada tuleks trafaretiga, kuid seda võib teha ka käsitsi. Kiri peab kogu joonise ulatuses olema ühetüübiline — kas A- või B-tüüpi (A- ja B-tüüpi kirjades on tähe kõrgus jagatud vastavalt 14-ks ja 10-ks osaks) ning kas püst- või kaldkiri (kaldkiri on vertikaali suhtes 15° paremale kaldu). Kiri peab ka pärast originaaljoonise paljundamist, mikrofilmimist või fotografeerimist olema hästi loetav. Seepärast ei tohiks kõrvutiseisvate tähtede vahe olla väiksem kui kaks joone jämedust. Mitmetes tähe kombinatsioonides, kus kõrvutiseisvate tähtede elemendid ei ole paralleelsed, vähendatakse tähtede vahet kuni ühe joone jämeduseni (näit. AT, AV, FA, LV, PA, PJ jne.).

Kirja suuruseks loetakse suurtähtede kõrgust *h* millimeetrites. Kehtestatud on järgmised kirja suurused: 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14 ja 20 mm. Väiketähtede kõrgus *c* ei tohi olla vähem kui 2,5 mm. Seega kirja suurusega 2,5 saab kirjutada vaid suurtähtedega. Käesolevas raamatus on tutvustatud B-tüüpi kaldkirja, mida selgitavad joonis 2.18 ja tabel 2.3.



JOONIS 2.18. B-tüüpi normkirja parameetrid

A B C D E F G I J K L M N O P

Q R S Š Z Ž T U V W Ō Ä Ö

Ü X Y

a b c d e f g h i j k l m n o p q

r s š z ž t u v w ō ä ö ü x y

[(! ? , ; " ' - = + x : √ ° % &)] ø

0 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 I V X

1) Mõlemad tähe või numbrü kujud on lubatud

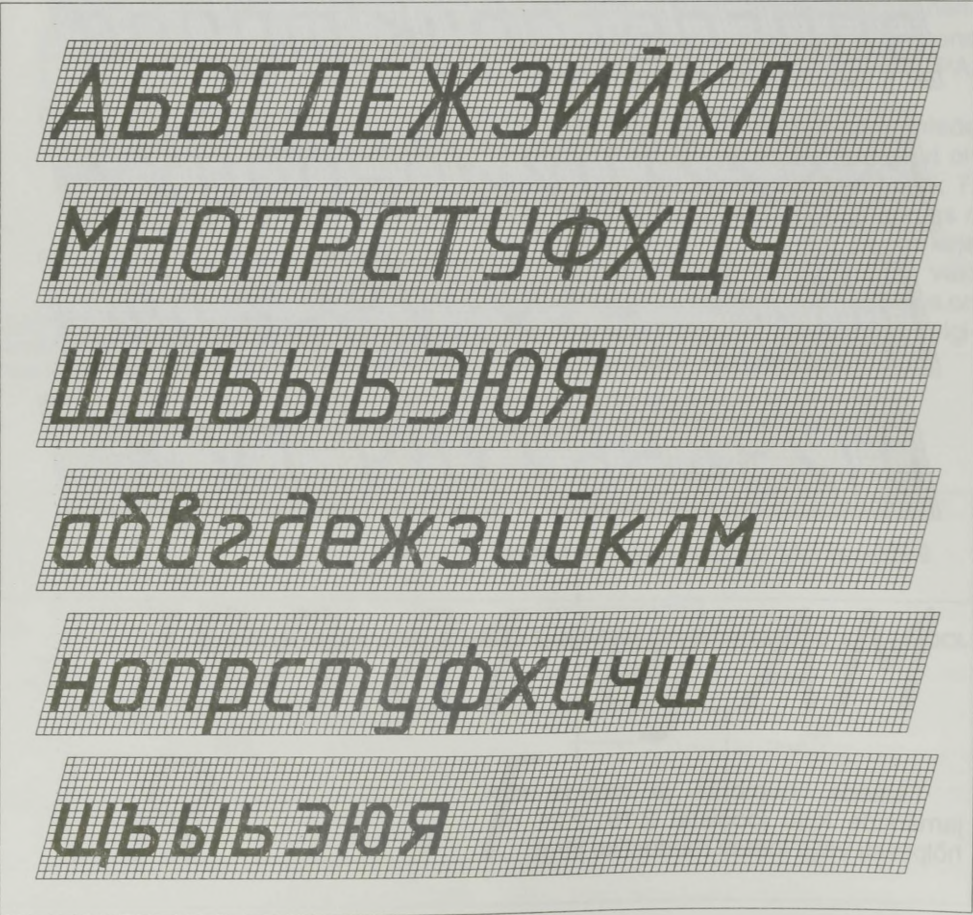
JOONIS 2.19. B-tüüpi kaldkiri ISO 3098/1 järgi. Ladina tähestik, märgid ja numbrid

Tähtede, numbrite ja muude kirjamärkide kuju joonistel 2.19...2.21 on hõlpsasti välja loetav ruudustiku järgi.

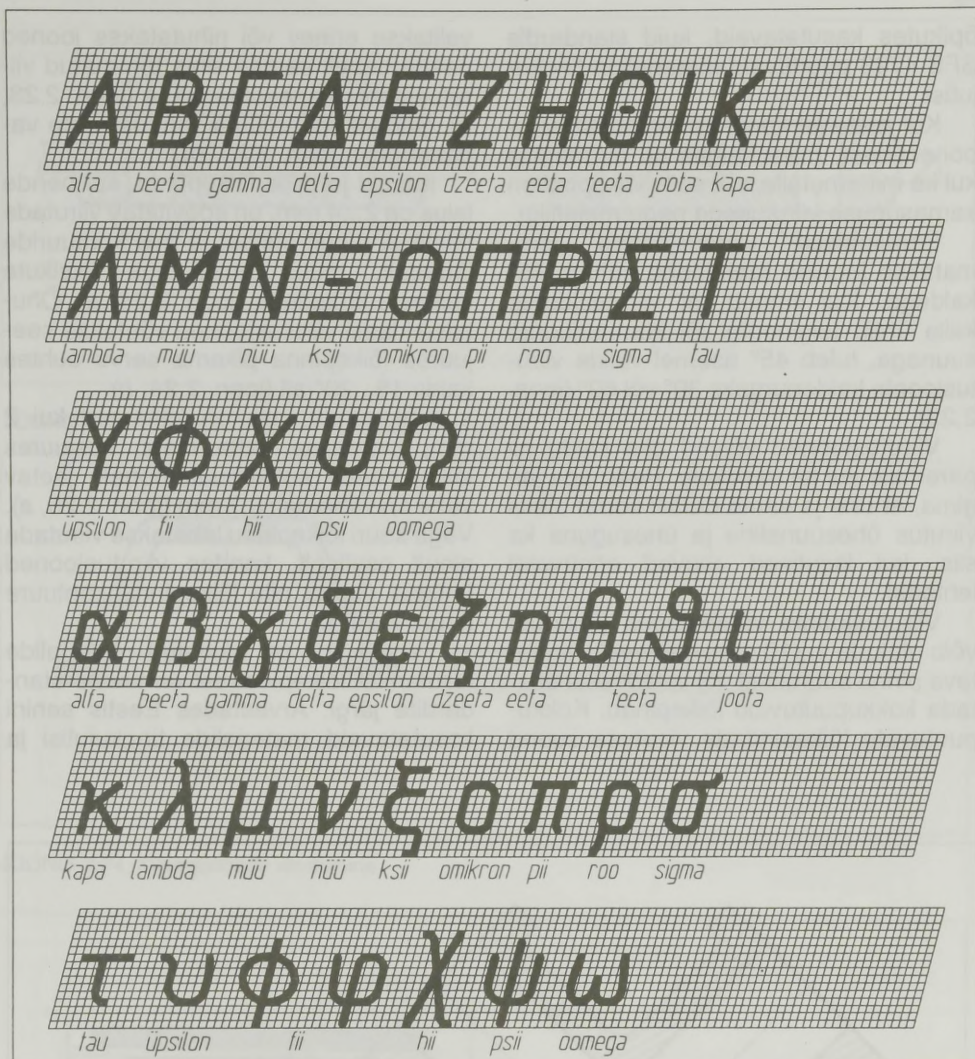
Tabel 2.3

B-tüüpi normkirja põhimõõtmed

Parameeter	Suhte- line mõõde	Mõõtmed mm							
Suurtähe kõrgus (kirja suurus) <i>h</i>	(10/10) <i>h</i>	2,5	3,5	5	7	10	14	20	
Väiketähe kõrgus <i>c</i>	(7/10) <i>h</i>	—	2,5	3,5	5	7	10	14	
Väiketähtede üla- ja alapikendused <i>f</i>	(3/10) <i>h</i>	0,75	1,05	1,5	2,1	3	4,2	6	
Tähtede vahe <i>a</i>	(2/10) <i>h</i>	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8	4	
Ridade alusjoonte vahe (min.) <i>b</i>	(14/10) <i>h</i>	3,5	5	7	10	14	20	28	
Sõnade vahe (min.) <i>e</i>	(6/10) <i>h</i>	1,5	2,1	3	4,2	6	8,4	12	
Kirja joone jämedus <i>d</i>	(1/10) <i>h</i>	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2	



JOONIS 2.20. B-tüüpi kaldkiri ISO 3098/4 järgi. Kirillitsa



JOONIS 2.21. B-tüüpi kaldkiri ISO 3098/2 järgi. Kreeka tähestik

2.5. LÕIKEPINDADE VIIRUTAMINE

Materjalide eristamiseks joonisel antakse nende lõikepindadele erinev "muster". Selle kuju on paljudes riikides kahjuks erinev. ISO standard määrab vaid lõikepindade viirutamise või lauskatmise üldised reeglid, jättes aga nimetamata konkreetsed materjalid. Kuna Eestil seni oma

sellealane standard puudub, kirjeldame siin ISO standardiga kehtestatud üldisi viirutamise reegleid, täiendades neid CT C3B reeglitega. Ühtlasi näitame konkreetsete materjalide viirutusi kolme standardi järgi. Näitena kasutame SFS (soome), CT C3B (endise N.Liidu ja teiste endiste vastastikuse majandusabi maa-de) ning ANSI (USA) standardeid. Peale selle tutvustame Soome joonestus-

õpikutes kasutatavaid, kuid standardis SFS 4793 puuduvaid materjalide tingkujutisi.

Kui materjal koosneb paljudest komponentidest, mille hulgas on nii metalle kui ka mittemetalle, siis selle lõikepind on samasuguse viirutusega nagu metallilgi.

Paralleelsed viirutusjooned tõmmatakse joonise raamjoone suhtes 45° kaldega. Kui ilmneb, et viirutusjoonte kalle ühtib telgjoonte või kontuurjoonte suunaga, tuleb 45° asemel valida viirutusjoonte kaldenurgaks 30° või 60° (joon. 2.22)

Viirutusjooned võivad olla kaldu nii paremale kui ka vasakule. Peab aga jälgima, et ühe ja sama detaili korral oleks viirutus ühesuunaline ja ühesugune ka siis, kui kujutised asuvad erinevatel lehtedel.

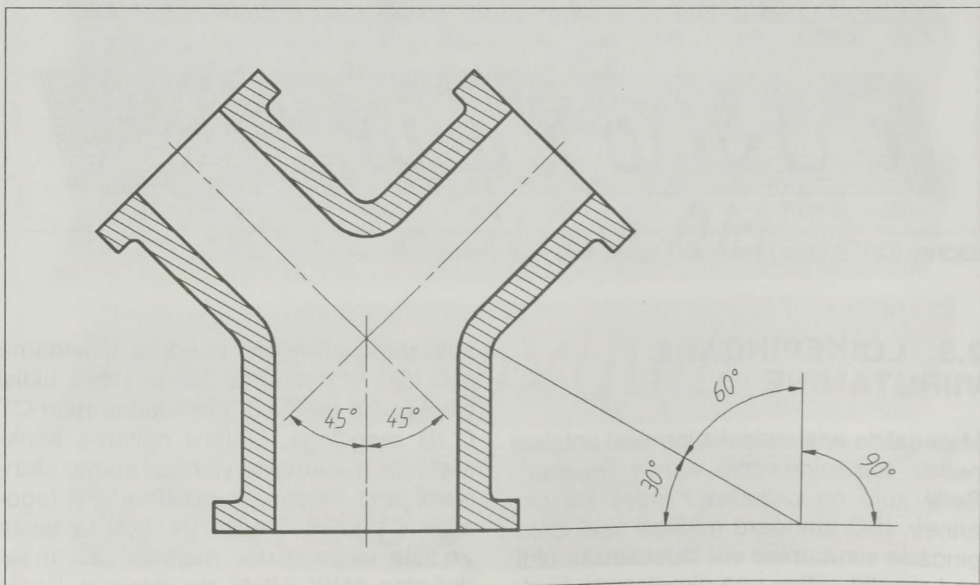
Viirutusjoonte vahekaugus (tihedus) võib ulatuda 1...10 mm, olenevalt viirutatava pinna suurusest või vajadusest eristada kokkupuutuvaid lõikepindu. Kokkupuutuvate lõikepindade viirutuse suund

valitakse erinev või nihutatakse jooned naaberdetaili samas sihis tõmmatud viirutusjoonte vahekohtadesse (joon. 2.23, a). Samuti võib muuta viirutusjoonte vahekaugust (joon. 2.23, b).

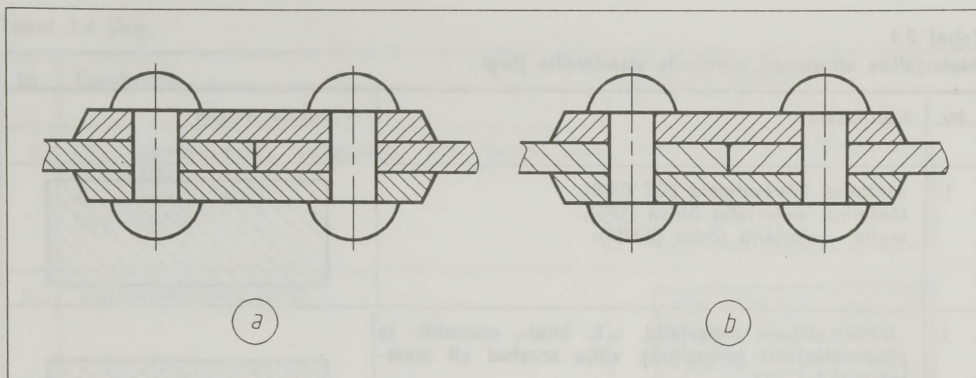
Kitsaid ja pikki lõikepindu, kui nende laius on 2...4 mm, on soovitatav viirutada täielikult ainult otstest ja ava kontuuride lähedalt, muus osas aga üksikute väikeste järkudena (joon. 2.24, a). Õhukese klaasi viirutusjooned võetakse seejuures lõikepinna pikema serva suhtes kaldu $15...20^\circ$ all (joon. 2.24, b).

Lõikepindu, mis on kitsamad kui 2 mm, lubatakse katta üleni, kusjuures lõikepindade kokkupuutejoonele jäetav vahe on vähemalt 0,7 mm (joon. 2.25, a). Väga suuri lõikepindu lubatakse viirutada ainult osaliselt, kandes viirutusjooned ühtlase ribana piki lõikepinna kontuure (joon. 2.25, b).

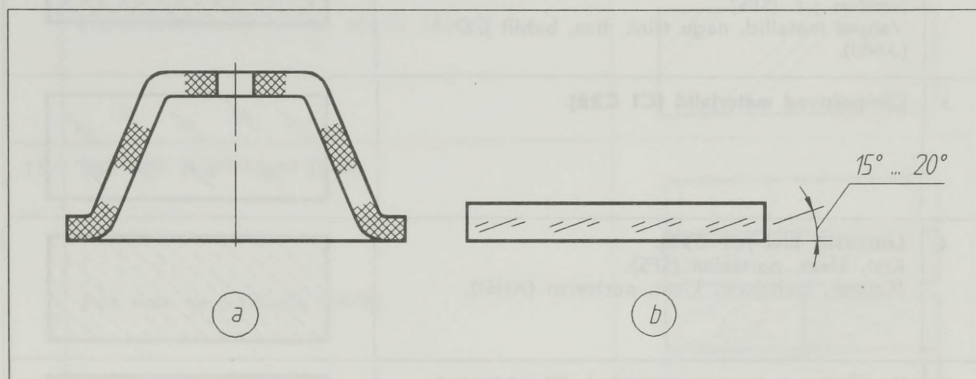
Tabelis 2.4 on näidatud materjalide kujutamist lõikepindadel erinevate standardite järgi. Arvestades Eestis senini kasutatavaid materjalide tingkujutisi ja



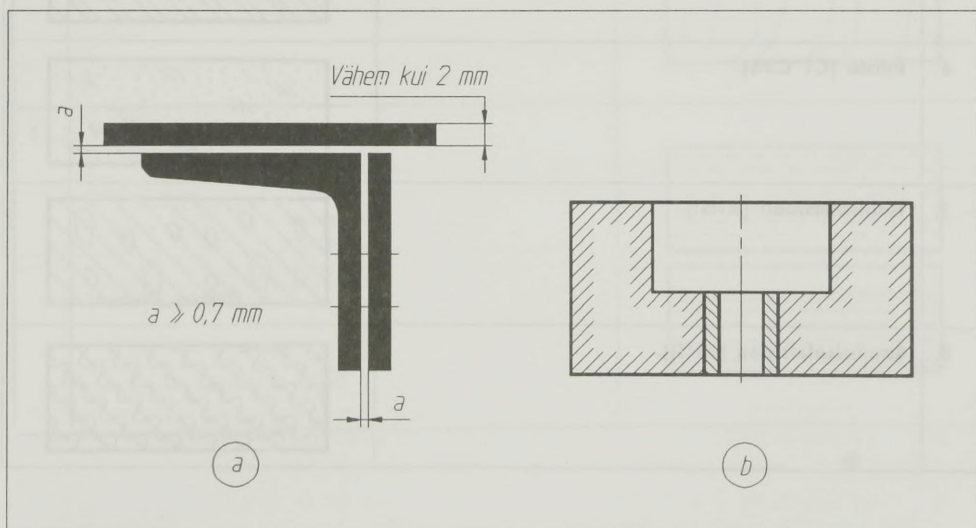
JOONIS 2.22.



JOONIS 2.23. Kokkupuutuvate lõikepindade viirutamine




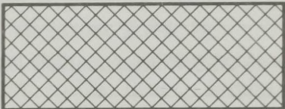
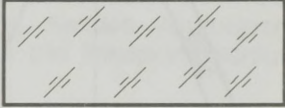

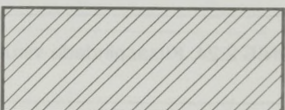

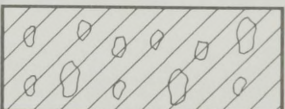
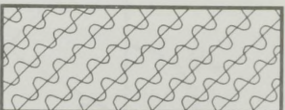
JOONIS 2.24. Kitsaspindade viirutamine





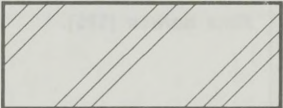
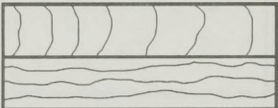
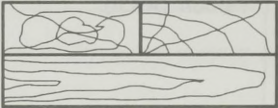


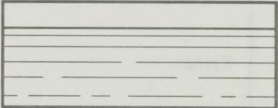
JOONIS 2.25. a — alla 2 mm laiuste pindade viirutamine; b — suurte lõikepindade viirutamine

Tabel 2.4

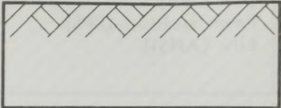
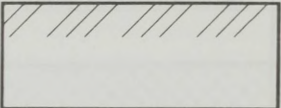
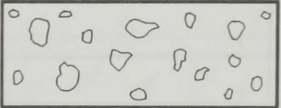

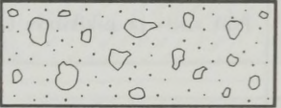
Materjalide viirutused erinevate standardite järgi

Nr.	Kasutusala	Viirutuse muster
1.	Metallid, kõvasulamid [CT C3B]. Metallid, materjalid üldse (SFS). Malm, materjalid üldse (ANSI).	
2.	Mittemetalsed materjalid, s. h. kiud-, monoliit- ja plaatmaterjalid (pressitud), välja arvatud all nimetatud [CT C3B]. Tihendmaterjalid, nagu kumm, pastmass, vilt j.t., samuti valatavad materjalid, nagu seatina, vaha, parafiin j. t. (SFS). Valged metallid, nagu tsink, tina, babiit j. t. (ANSI).	
3.	Läbipaistvad materjalid [CT C3B].	
4.	Looduslik kivi [CT C3B]. Kivi, klaas, portselan (SFS). Marmor, kivitahvel, klaas, portselan (ANSI).	
5.	Keraamika, ladumiseks mõeldud silikaat-tooted [CT C3B]. Teras (ANSI).	
6.	Puiste [CT C3B].	
7.	Heliisolatsioon [ANSI].	
8.	Soojusisolatsioon [ANSI].	

Tabel 2.4 järg

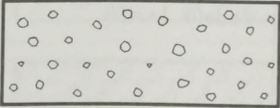

Nr.	Kasutusala	Viirutuse muster
9.	Liiv, asbesttsement, kipsstooted, kift, krohv, mört [CT C3B]. Peen betoon (SFS). Liiv (ANSI).	
10.	Elektriisolatsioon [SFS]. Elektriisolatsioon, kummi, plastik (ANSI).	 
11.	Puit risti- ja pikikiudu [SFS]. Puit risti- ja pikikiudu (ANSI). Puit (CT C3B)	  
12.	Vedelik [SFS, CT C3B]. Vedelik (ANSI).	 

Tabel 2.4 järg

Nr.	Kasutusala	Virutuse muster
13.	Pinnas (SFS, ANSI).	
	Pinnas (CT C3B).	
14.	Jäme betoon (SFS).	
	Betoon (CT C3B).	
	Betoon (ANSI).	

Tabel 2.5

Soome õpikutes kasutatud mittestandardseid materjalide kujutisi lõikepindadel

Nr.	Kasutusala	Viirutuse muster
1.	Kruus	
2.	Tellis	

Tabel 2.5 järg

Nr.	Kasutusala	Viirutuse muster
3.	Looduslik kivi	
4.	Soojusisolatsioon	
5.	Pehme soojusisolatsioon	
6.	Betoon	
7.	Pinnas	
8.	Kalju	

joonestamisalaste nõuete lähendamise vajadust põhjamaade, eriti Soome standarditele, oleks Eestis soovitatav kasutada viirutuste neid tähendusi, mis on tabelis esitatud suures kirjas.

Soome joonestusõpikutes kasutatakse tihti materjalide tingkujutisi, mis standardis SFS 4793 puuduvad. Tabelis 2.5 on näidatud mõningad nendest.

2.6. KIRJANURK

Kirjanurk asub joonise alumises parempoolses nurgas, toetudes pikema küljega vastu alumist ja lühemaga vastu paremat raamjoont.

Standardid ISO 7200 ja ISO 7573 annavad kirjanurga koostamiseks vaid üldisi põhimõtteid ja soovitusi. Seepärast peab iga firma leidma ise enda jaoks kõige sobivama kirjanurga vormi. Kogu informatsioon kirjanurgas grupeeritakse kahele alale: põhi- ja täiendava info alale. Sealjuures põhiinfo ala asub kirjanurga parempoolses alumises nurgas, täiendava info ala — sellest üleval pool või vasakul.

Põhiinfo ala koosneb kolmest kohustuslikust lahtrist, mis joonestatakse välja pideva jämejoonega. Nende lahtrite paigutuse võimalusi kirjanurgas tutvustab joonis 2.26, a, b ja c. Lahtrite sisu jaotub järgmiselt:

- 1 — dokumendi tähis;
- 2 — toote nimetus või toote nimetus koos selle kohta vormistatud dokumendi nimetusega;
- 3 — andmed dokumealdaja kohta (näiteks, firma täisnimetus või selle lühend).

Tähis paigutatakse alati joonise paremasse alumisse nurka. Toote nimetus peab lühidalt ja selgelt väljendama selle talitluslikku otstarvet

Täiendavad lahtrid, mis paigutatakse kirjanurka vajaduse korral, võiksid olla järgmised:

- informatsioonilise sisuga;
- tehnilise sisuga;
- konstruktsiooni dokumentatsiooni selgitava sisuga.

Informatsioonilise sisuga lahtrites võiksid olla:

- 4 — projektsioonimeetodi sümbol — tüvikoonuse kaksvaade (näitab kas esimese või kolmanda ruuminurga meetodi kasutamist);
- 5 — joonise mõõtkava;
- 6 — joonmõõdu ühik (kui mõõtmel ei ole millimeetrites)

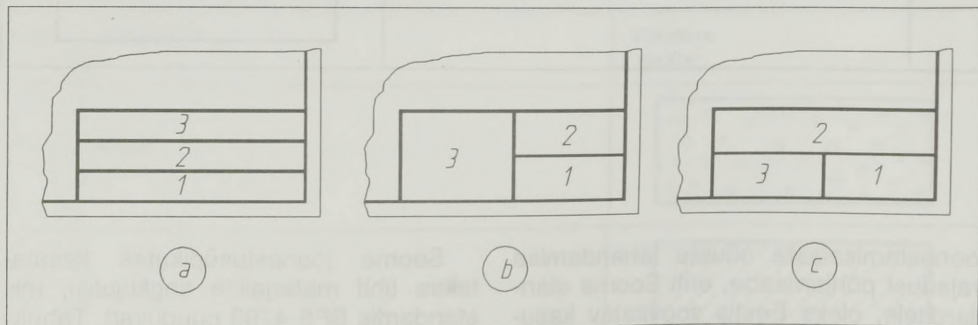
Ehkki standard toote massi eraldi ei nimeta, tuleks joonisele kanda ka:

- 7 — mass (antakse kilogrammides mõõtühikut näitamata).

Tehnilise sisuga lahtrites võiksid olla:

- 8 — pinnakareduse näitamise meetod (ISO 1302 järgi);
- 9 — pindade geomeetrilise kuju ja asenditolerantside tähistamise meetod (ISO 1101 järgi);
- 10 — joonisel näitamata piirhálbed (ISO 2768 järgi);
- 11 — teised vajalikud andmed (näiteks kasutatud materjali) standardite kohta.

Konstruktsiooni dokumentat-



JOONIS 2.26. Kirjanurga põhiinformatsiooni lahtrid

siooni selgitäva sisuga lahtrites võiksid olla:

- 12 — joonise lehe mõõtmed või formaat;
- 13 — joonise esimene väljalaske kuupäev;
- 14 — joonise ümbervaatamise kuupäev;
- 15 — muudatuste kuupäevad;
- 16 — muu informatsioon, näiteks vastutavate isikute andmed ja allkirjad.

Muudatusi käsitlev lahter 15 võib asuda ka väljaspool kirjanurka või selle infost võib moodustada eraldi dokumendi.

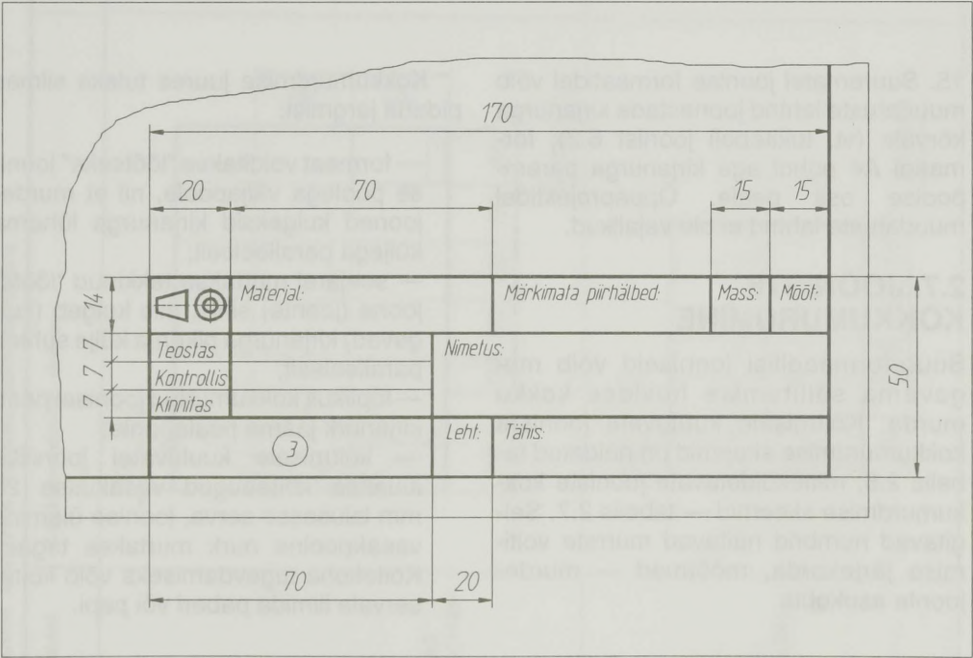
Kui konstruktsioonidokument, näiteks joonis, on vormistatud mitmele lehele, on selle kõigil lehtedel ühesugune dokumendi tähis. Lahtrisse “Leht” märgitakse dokumendi lehe number. Kui dokument on mitmel lehel, tuleb neist esimesele kirjutada lisaks lehe numbrile

kalkkriipsu järele ka lehtede üldarv, näiteks 1/6. Järglehtedele dokumendi lehtede üldarvu enam ei märgita. Kui joonis asub ainult ühel lehel, kirjutatakse lahtrisse “Leht” arv 1.

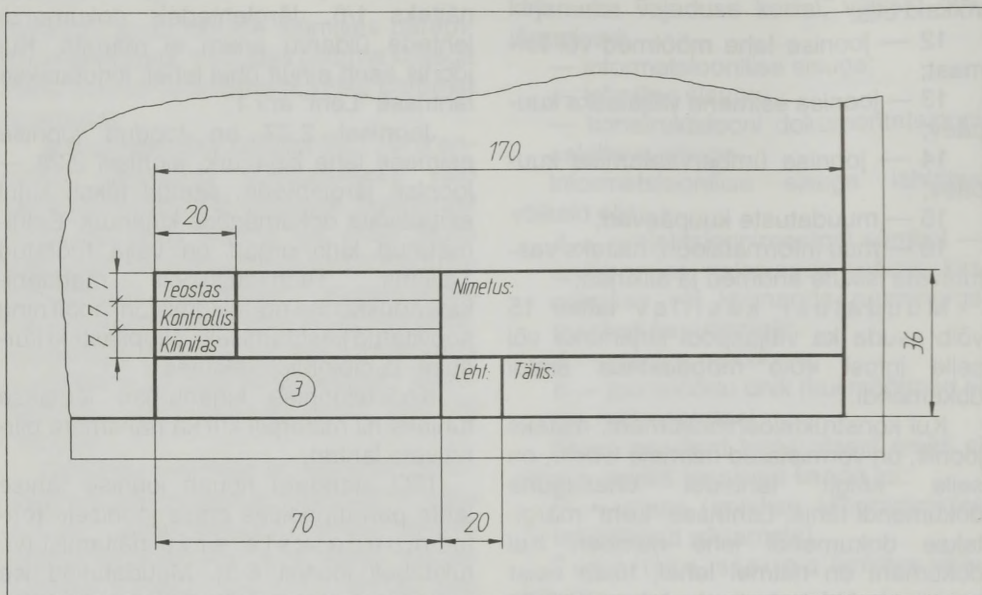
Joonisel 2.27 on toodud joonise esimese lehe kirjanurk, joonisel 2.28 — joonise järglehtede, samuti teksti kujul esitatavate dokumentide kirjanurk. Eelnimetatud kirjanurgad on välja töötatud Tallinna Tehnikaülikooli mehaanikateaduskonna normikomisjoni poolt ning soovitatud kasutamiseks üliõpilastele kursuse- ja diplomiprojektides.

Koostejoonise kirjanurgas jäetakse tühjaks nii materjali kui ka näitamata piirhälvete lahtrid.

ISO standard nõuab joonise tähise lahtri parempoolses otsas joonisele tehtud muudatuste arvu näitamist (vt. tükitabeli joonist 6.3). Muudatused ise registreeritakse selgitava sisuga lahtrites



JOONIS 2.27. Joonise esimese lehe kirjanurk



JOONIS 2.28. Joonise järglehtede, samuti tekstidokumentide kirjanurk

15. Suurematel joonise formaatidel võib muudatuste lahtrid joonestada kirjanurga kõrvale (vt. tükitabeli joonist 6.3), formaadi A4 puhul aga kirjanurga parempoolse osa peale. Õppeprojektidel muudatuste lahtrid ei ole vajalikud.

2.7. JOONISTE KOKKUMURDMINE

Suureformaadilisi jooniseid võib mugavama säilitamise huvides kokku murda. Kõitmisele kuuluvate jooniste kokkumurdmise skeemid on näidatud tabelis 2.6, mitteköidetavate jooniste kokkumurdmise skeemid — tabelis 2.7. Selgitavad numbrid näitavad murrete voltimise järjekorda, mõõtmed — murdejoonte asukohta.

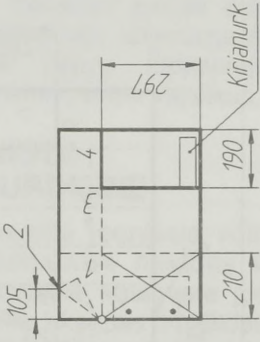
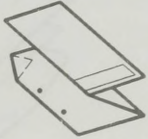
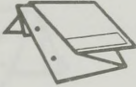
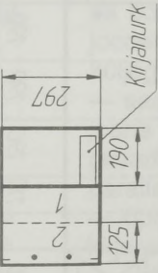

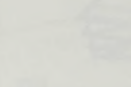
Kokkumurdmise juures tuleks silmas pidada järgmist:

- formaat volditakse "lõõtsaks" joonise poolega väljapoole, nii et murdejooned kulgeksid kirjanurga lühema küljega paralleelselt;
- seejärel murtakse tekkinud "lõõts" joone (joonte) sihis, mis kulgeb (kulgevad) kirjanurga pikema külje suhtes paralleelselt;
- lõplikult kokkumurtud joonisel peab kirjanurk jääma pealepoole;
- kõitmisele kuuluvatel joonistel lüüakse kõiteaugud vasakusse 20 mm laiusesse serva, joonise ülemine vasakpoolne nurk murtakse tagasi. Kõitekoha tugevdamiseks võib kõiteservale liimida paberi või papi.

Tabel 2.6
Kõltsile kuuluvate jooniste kokkumurdmine

Formaat	Kokkumurdmise skeem	Pikisuunas kokkumurdmine	Ristisuunas kokkumurdmine
A0 841×1189			
A1 594×841			

Tabel 2.6 järg

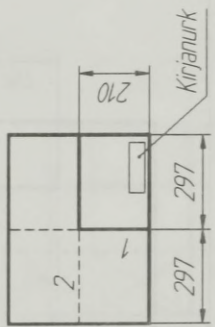


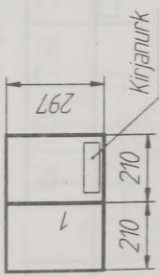

Formaat	Kokkumurdmise skeem	Pikisuunas kokkumurdmine	Ristisuunas kokkumurdmine
A2 420×594			
A3 297×420			

Tabel 2.7

Kõitmisele mittekuluuvate jooniste kokkumurdmine

Formaat	Kokkumurdmise skeem	Pikisuunas kokkumurdmine	Ristisuunas kokkumurdmine
A0 841×1189			
A1 594×841			

Tabel 2.7 järg

Formaat	Kokkumurdmise skeem	Pikisuunas kokkumurdmine	Ristisuunas kokkumurdmine
A2 420×594			
A3 297×420			

3. KUJUTISED

3.1. KUJUTAMISE ÜLDPÕHIMÕTTED

Oluline osa tehnilisest informatsioonist mistahes eseme kohta talletatakse kujutiste (vaated, lõiked, ristlõiked) ja mitmesuguste tinglike või lihtsustavate kujutamisevõtete abil.

Nende käsitus käesolevas raamatus vastab rahvusvahelisele standardile ISO 128, mis hõlmab mehaanika-, elektri-, arhitektuuri-, ehituse ja teisi valdkondi. Tehnika eriharude spetsiifilised nõuded kehtestatakse lisaeeskirjade või eristandarditega, mis tunnustavad siin toodud kujutamise üldpõhimõtteid.

Kujutised tehnilisel joonisel esitatakse ristprojektsioonis omavahel mõtteliselt seotud projektsioonide näol. Kujutiste tuletamisel võib juhinduda kahest võrdväärsest projekteerimise meetodist: kas esimese ruuminurga meetodist (joon. 3.1, varem tuntud meetodina E-süsteemis, s.o. Euroopa süsteemis) või kolmanda ruuminurga meetodist (joon. 3.2, varem — A-süsteemis, s.o. Ameerika süsteemis).

Tehnilisel joonisel ei näidata projektsioonipindade e. ekraanide piirdejooni ega ekraanide ühisjooni — telgi x , y ja z . Samuti ei näidata kujutistevahelisi sidejooni.

Jooniste valmistamisel juhindutakse lihtsuse ja otstarbekuse põhimõttest. Selle kohaselt eset iseloomustavate kujutiste hulk peaks olema minimaalne, kuid samal ajal piisav. Õige joonise seisukohalt tuleb pidada vääraks nii kujutiste vähest kui ka nende liigset arvu.

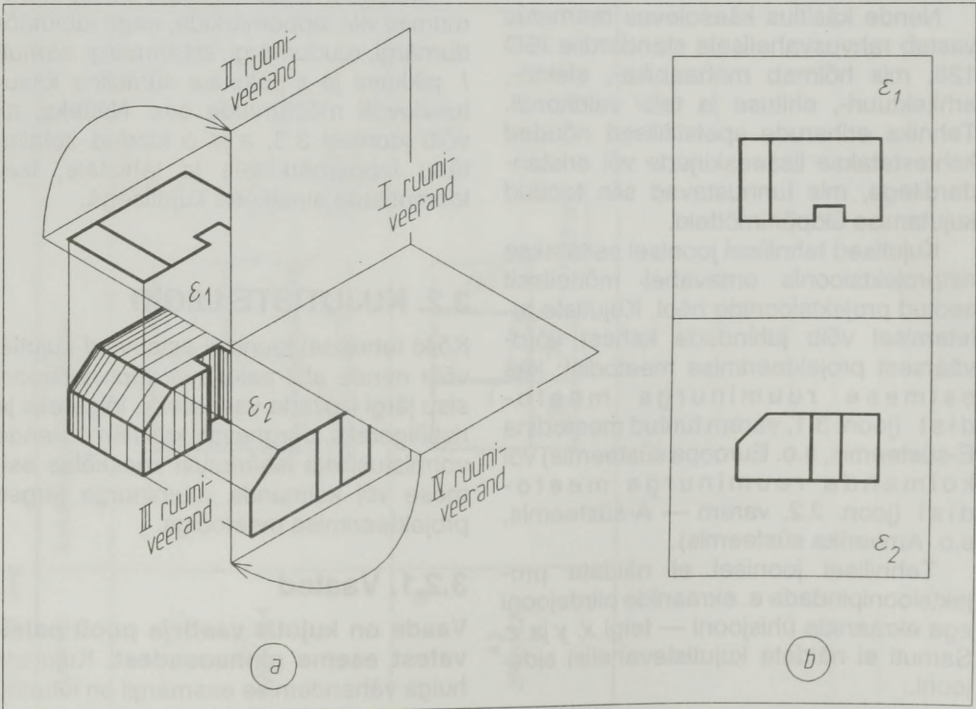
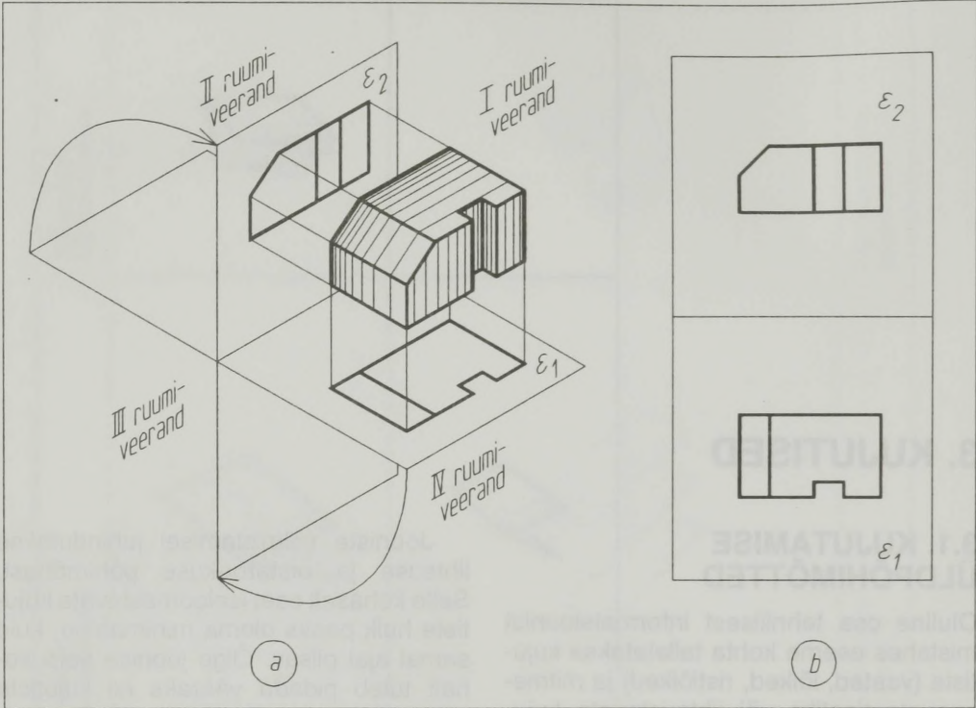
Mõnikord aitab kujutiste hulka miinimumini viia leppemärkide, nagu läbimõõdumärgi, ruudumärgi, sfäärimärgi, samuti l pikkuse ja s paksuse sümbolina kasutuselevõtt mõõtvarude ees. Näiteks, nii võib joonisel 3.3, a ja b toodud detaile, tänu leppemärkidele ja tähistele, iseloomustada ainult ühe kujutisega.

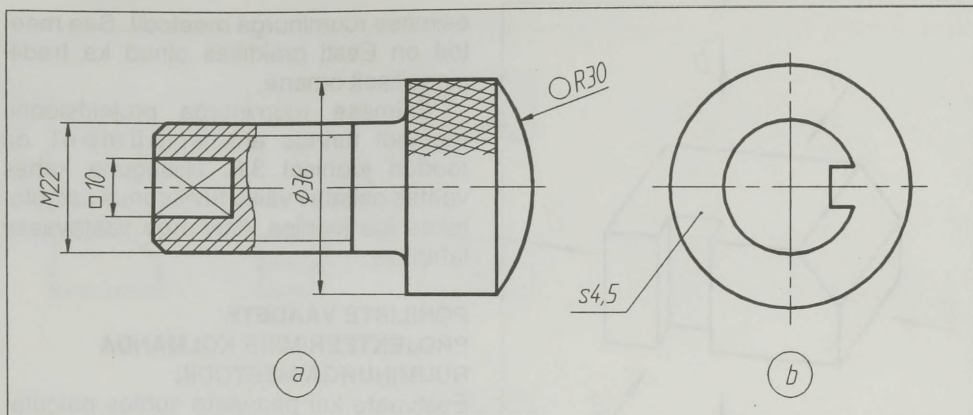
3.2. KUJUTISTE LIIGID

Kõiki tehnilisel joonisel esinevaid kujutisi võib nende abil pakutava informatsiooni sisu järgi liigitada vaadeteks, lõigeteks ja ristlõigeteks. Järgnevalt käsitleme nende vormistuslikke iseärasusi kooskõlas esimese või kolmanda ruuminurga järgse projekteerimise meetodiga.

3.2.1. Vaated

Vaade on kujutis vaatleja poolt paistvatest eseme pinnaosadest. Kujutiste hulga vähendamise eesmärgil on lubatud





JOONIS 3.3. Leppemärke ja tähiseid joonisel

JOONIS 3.1. Projekteerimine esimese ruuminurga meetodil: *a* — ese asub vaateleja ja ekraani vahel; *b7* — kujutised esi- ($1e_2$) ja põhiekraanil (e_1) pärast horisontaalse e_{31} pööramist vertikaalse e_2 tasapinda

JOONIS 3.2. Projekteerimine kolmanda ruuminurga meetodil: *a* — ekraan asub vaateleja ja eseme vahel; *b* — kujutised esi- ja põhiekraanil ($1e_1$) pärast horisontaalse e_{31} pööramist vertikaalse e_2 tasapinda

näidata kriipsjoonega ka varjatud, s.o. sisemisi kontuure. Kuna aga edaspidi käsitlusele tulevad lõiked ja ristlõiked muudavad toote sees olevad kontuurid nähtavaks, siis püütakse tööjoonistel reeglina varjatud kontuure kriipsjoonega mitte näidata. Joonis tuleb sel juhul loetavam.

PÕHILISED VAATED

Joonisel 3.4 näidatakse kuus võimalikku eseme poole sihitud põhilist vaate suunda, mis erinevad üksteisest 90° võrra või on selle nurga kordsed. Põhiliste vaadete nimetused on järgmised:

vaade *a* suunas on eestvaade ehk peavaade;

vaade *b* suunas on pealtvaade;

vaade *c* suunas on vasakultvaade;

vaade *d* suunas on paremaltvaade;

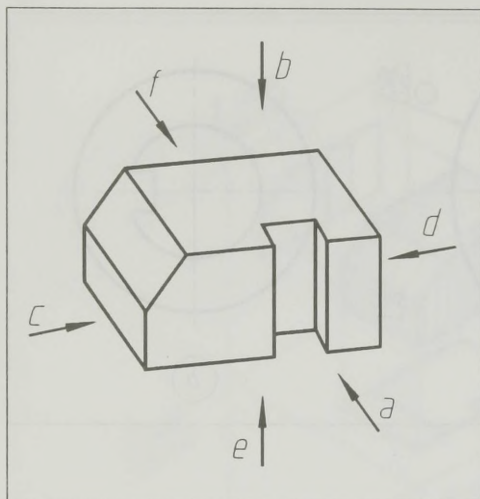
vaade *e* suunas on altvaade;

vaade *f* suunas on tagantvaade.

PÕHILISTE VAADETE PROJEKTEERIMINE ESIMISE RUUMINURGA MEETODIL

Kujutised, sealhulgas ka vaated, paigutatakse joonisel peakujutise asukoha keskselt. Peakujutiseks valitakse eset kõige paremini iseloomustav kujutis. Põhilistest vaadetest on selleks eestvaade. Teised kujutised orienteeritakse eestvaate kui peavaate suhtes joonisega 3.5 näidatud viisil. Pealtvaade (*b*) asub eestvaate (*a*) all, vasakultvaade (*c*) eestvaatest paremal, paremaltvaade (*d*) eestvaatest vasakul, altvaade (*e*) asub eestvaate kohal üleval, kuna tagantvaade (*f*) võib paikneda eestvaate suhtes kas paremal või vasakul.

Kuigi kujutiste projekteerimisel on nii esimese kui kolmanda ruuminurga meetodid võrdväärselt kasutatavad, oleme käesolevas raamatus jooniste ühtsuse huvides rakendanud üldjuhul siiski



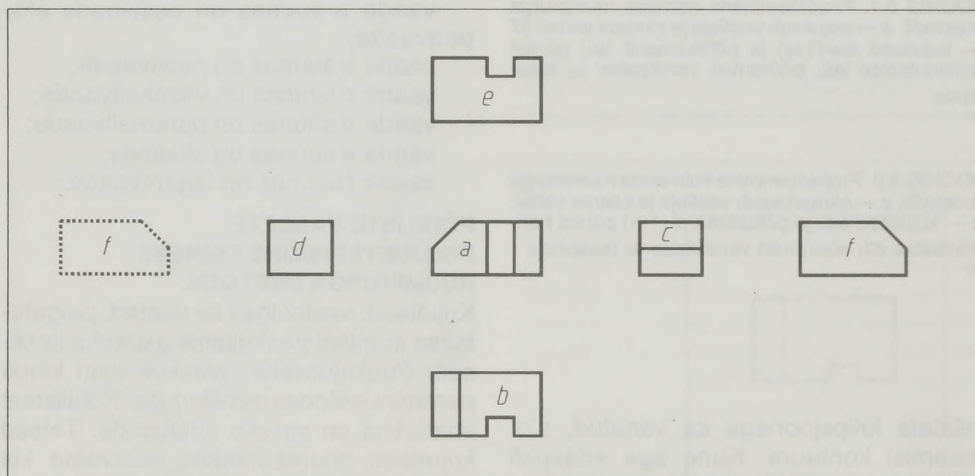
JOONIS 3.4. Põhilised vaate suunad

esimese ruuminurga meetodit. See meetod on Eesti praktikas olnud ka traditsiooniliselt omane.

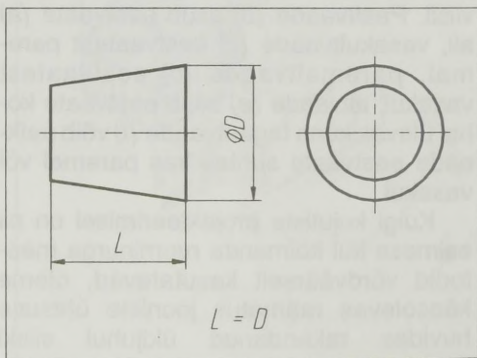
Esimese ruuminurga projektsiooni-meetodi tunnus ehk erisümbol on toodud joonisel 3.6. Niisugune kahes vaates esitatav väike tüvikoonus paigutatakse iga joonise kirjanurga vastavasse lahtrisse.

PÕHILISTE VAADETE PROJEKTEERIMINE KOLMANDA RUUMINURGA MEETODIL

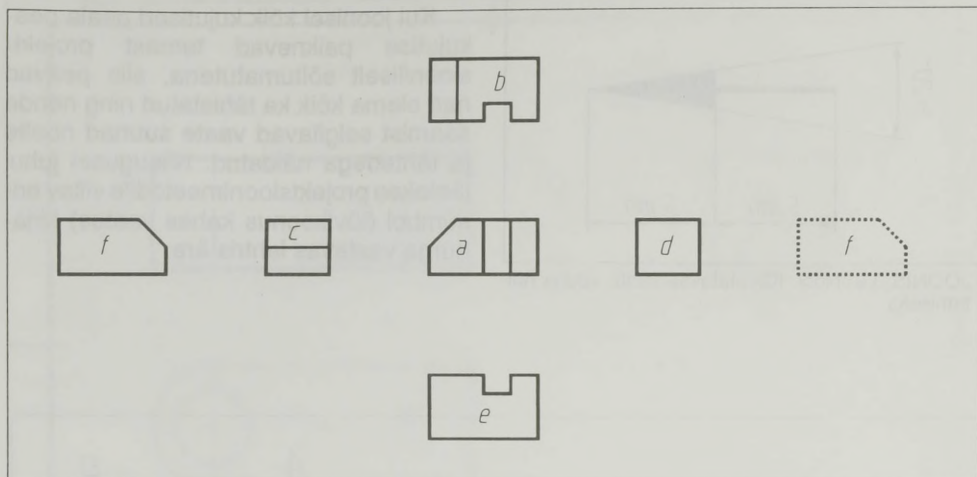
Eestvaate kui peavaate suhtes paigutatakse teised põhilised vaated selliselt (joon. 3.7): pealtvaade (*b*) asetseb eestvaate kohal üleval, vasakultvaade (*c*)



JOONIS 3.5. Põhiliste vaadete paigutus esimese ruuminurga projektsioonimeetodil: *a* — eestvaade ehk peavaade; *b* — pealtvaade; *c* — vasakultvaade; *d* — paremaltvaade; *e* — altvaade; *f* — tagantvaade



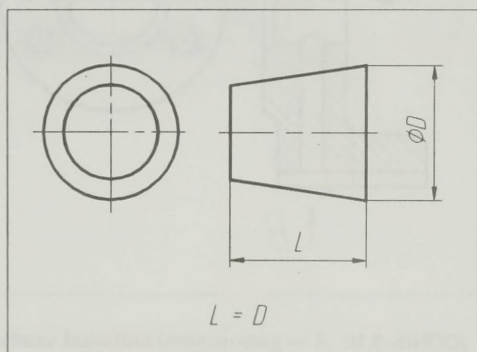
JOONIS 3.6. Esimese ruuminurga-järgse projektsioonimeetodi erisümbol



JOONIS 3.7. Põhiliste vaadete paigutus kolmanda ruuminurga projektsioonimeetodil: *a* — eestvaade ehk peavaade; *b* — pealtvaade; *c* — vasakultvaade; *d* — paremaltvaade; *e* — altvaade; *f* — tagantvaade

— eestvaatest vasakul, paremaltvaade (*d*) — eestvaatest paremal, allvaade (*e*) asetseb eestvaate all, tagantvaade (*f*) võib olla paigutatud eestvaatest vasakule või paremale, nii kuidas on otstarbekohasem.

Kolmanda ruuminurga projektsiooni-meetodi tunnus ehk *e r i s ü m b o l* on toodud joonisel 3.8. Seegi, nagu esimese ruuminurga tunnus, asetatakse joonise kirjanurga vastavasse lahtrisse.



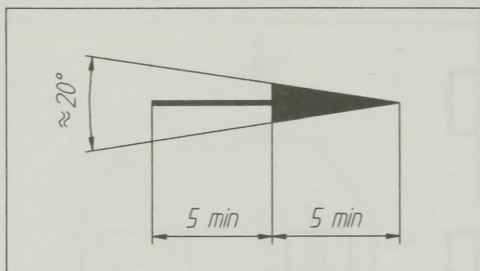
JOONIS 3.8. Kolmanda ruuminurga-järgse projektsioonimeetodi erisümbol

PROJEKTSIOONILISELT SÕLTUMATUTE KUJUTISTE VORMISTAMINE JOONISEL

Kui kujutised joonisel ei asetse projektsiooniliselt peakujutise suhtes nii, nagu esimese või kolmanda ruuminurga meetodiga ette on nähtud (vt. joon. 3.5 ja 3.7), siis tuleb kasutada vaate suunda näitavaid nooli (joon. 3.9). Niisugusel korral tavaliselt võivad vaated pealt (*b*), vasakult (*c*), paremalt (*d*), alt (*e*) või tagant (*f*) olla nihutatud peakujutise suhtes, mitte asetseda sellega ühel ja samal lehel või on neid sattunud eraldama peakujutisest mõni kolmas kujutis (näiteks joon. 3.10 vaade A). Olgu märgitud, et peakujutis-

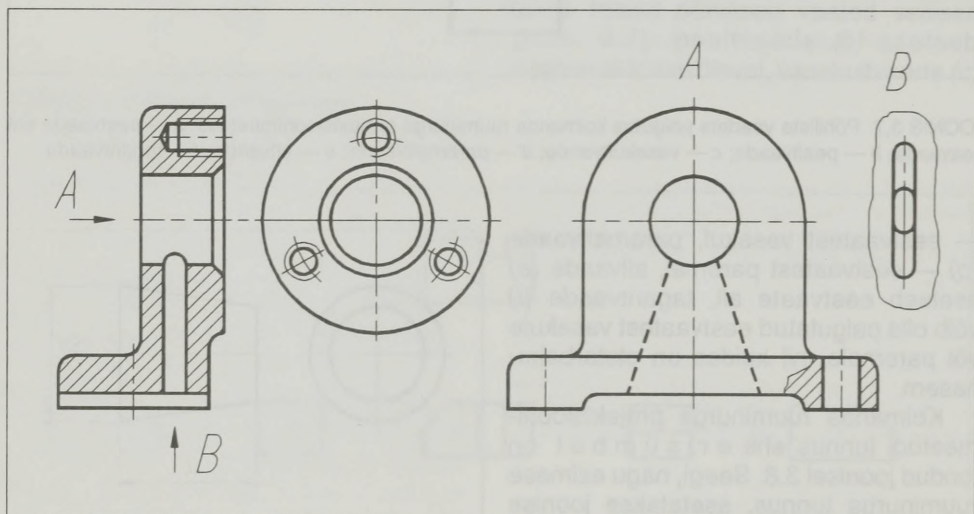
ena võib esineda mitte ainult vaade, vaid ka lõige.

Vaate suunda näitavaid nooli kasutatakse koos ladina tähestiku algusest võetud suurtähtedega. Sama suurtäht kirjutatakse tähisena kas vastava vaate alla või selle kohale üles, ühel ja samal joonisel ühte moodi. Täht-tähised tuleb kirjutada joonisel olevatest mõõtaruudest kaks korda suurema kirjaga.

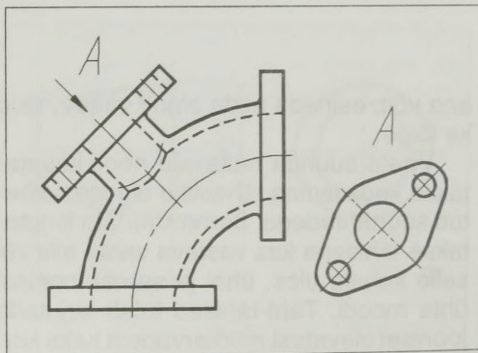


JOONIS 3.9. Noole. Kasutatakse vaate suuna näitamiseks

Kui joonisel kõik kujutised peale peakujutise paiknevad temast projektsiooniliselt sõltumatutena, siis peavad nad olema kõik ka tähistatud ning nende saamist selgitavad vaate suunad noole ja tähtedega näidatud. Niisugusel juhul jäetakse projektsioonimeetodile viitav erisümbol (tүvikoonus kahes vaates) kirjanurga vastavas lahtris ära.



JOONIS 3.10. A — peakujutisest eraldatud vaade; B — osaline vaade; peakujutisest paremal, sellega telgjoone abil seotud — kohtvaade

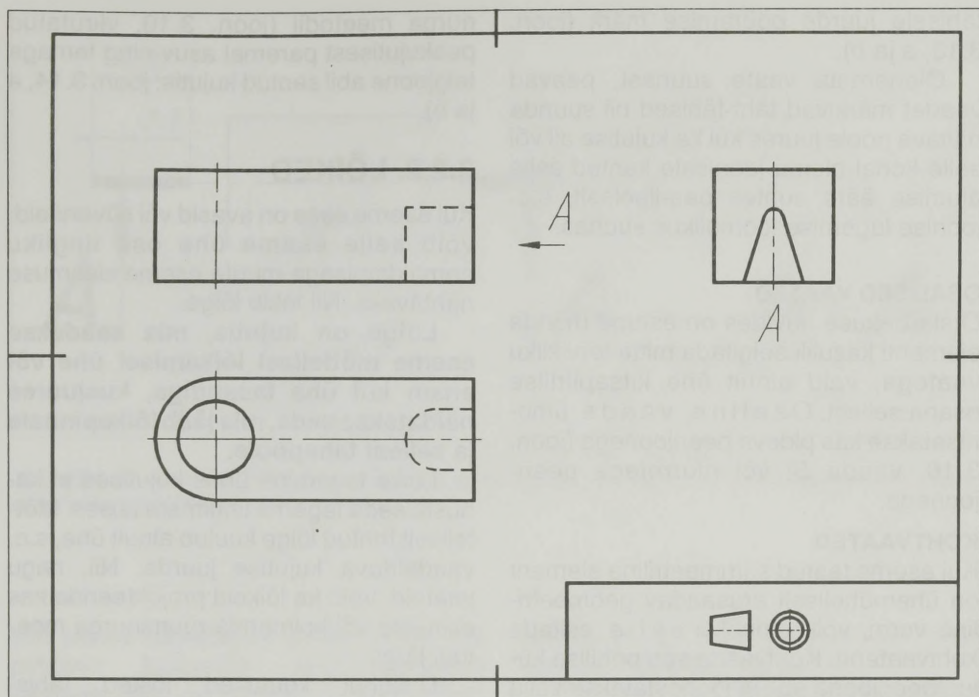


JOONIS 3.11. Lisavaade

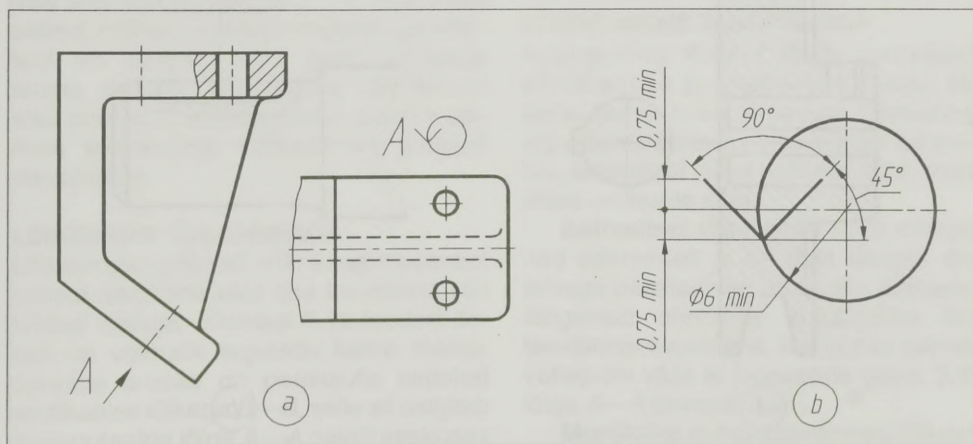
LISAVAATED

Kui eseme mõni element põhilistes vaadetes projekteeruks moonutatud kuju ja mõõtmetega (joon. 3.11) või kui mõnda kujutist ei ole võimalik joonisel paigutada vastavuses kirjanurgas näidatud ruumiveerandi sümboliga (joon. 3.12), tuleb kasutada lisavaade. Niisugustel juhtudel tuleb noole ja suurtähedega ära näidata vaate suund, saadav kujutis aga märgistada sama täht-tähisega.

Kui lisavaade on joonestatud pööratud asendis, tehakse kujutise täht-



JOONIS 3.12. Lisavaade



JOONIS 3.13. a — pööratud lisavaade; b — pöörämismärgi geomeetiline kuju

tähisele juurde pööramise märk (joon. 3.13, a ja b).

Olenemata vaate suunast, peavad vaadet märkivad täht-tähised nii suunda näitava noole juures kui ka kujutise all või selle kohal olema joonisele kantud selle alumise ääre suhtes paralleelselt, s.o. joonise lugemise loomulikus suunas.

OSALISED VAATED

Otstarbekuse huvides on eseme mõnda elementi kasulik selgitada mitte tervikliku vaatega, vaid ainult ühe kitsapiirilise osana sellest. Osaline vaade ümbritsetakse kas pideva peenjoonega (joon. 3.10, vaade B) või murretega peenjoonega.

KOHTVAATED

Kui eseme teatud sümmeetriline element on ühemõtteliselt arusaadav geomeetriline vorm, võib ainuüksi selle esitada kohtvaatena. Kohtvaade seo põhilise kujuõtpeenjoone abil ja joonestatakse välja pideva jämejoonega kolmanda ruumi-

nurga meetodil (joon. 3.10, viirutatud peakujutisest paremal asuv ning temaga telgjoone abil seotud kujutis; joon. 3.14, a ja b).

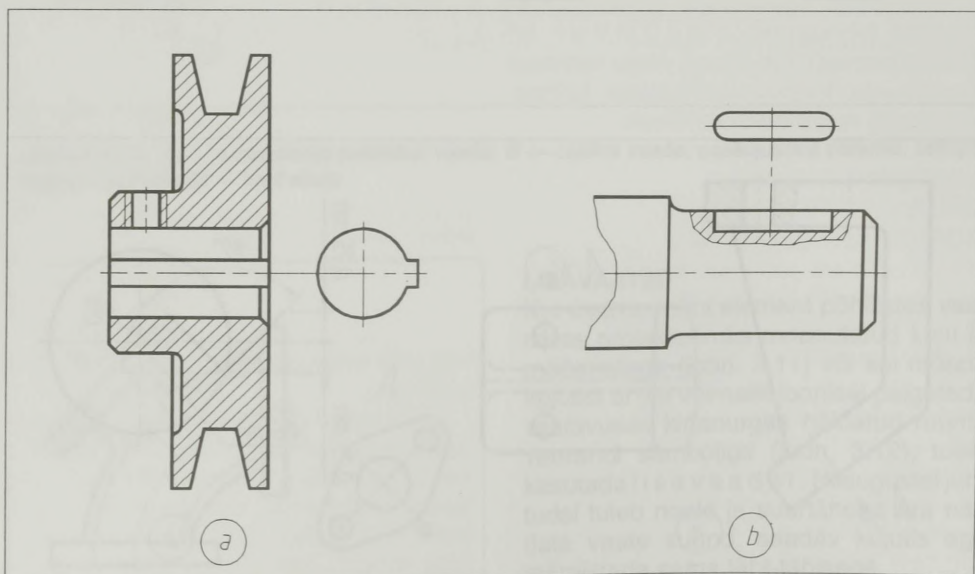
3.2.2. LÕIKED

Kui eseme sees on avasid või süvendeid, võib selle eseme ühe osa tingliku eemaldamisega muuta eseme sisemuse nähtavaks. Nii tekib lõige.

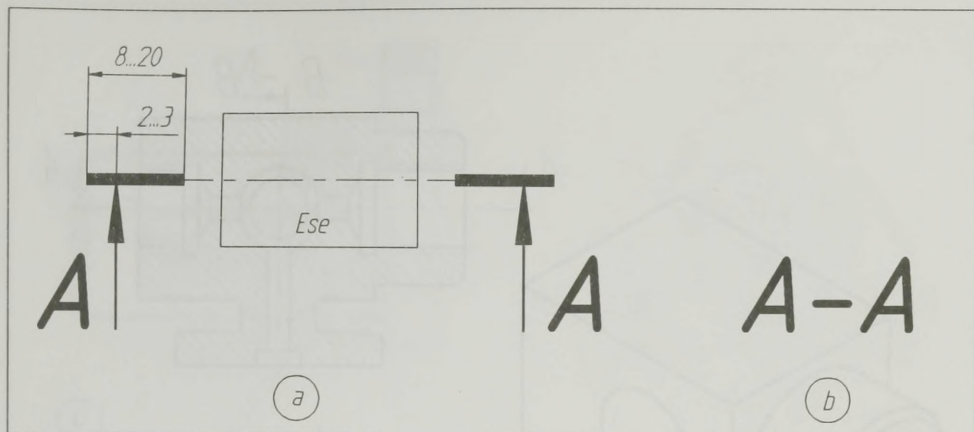
Lõige on kujutis, mis saadakse eseme mõttelisel lõikamisel ühe või enam kui ühe tasandiga, kusjuures näidatakse seda, mis jääb lõikepinnale ja sellest tahapoole.

Lõike tegemine ühes kujutises ei kohusta seda tegema tingimata teises. Mõtteliselt tehtud lõige kuulub ainult ühe, s.o. vaadeldava kujutise juurde. Nii, nagu vaateid, võib ka lõikeid projekteerida kas esimese või kolmanda ruuminurga meetodi järgi.

Üldjuhul kuuluvad lõiked tähistamisele ja pealkirjastamisele. Lähtekuju-



JOONIS 3.14. Kohtvaade



JOONIS 3.15. *a* — lõike märgistamine ja tähistamine lähtekujutise juures; *b* — tähttähistised lõikekujutise all või selle kohal üleval

tise juures näidatakse lõikava pinna või pindade kulgemist kriipspunktpeenjoonega, mis on otstest ja võimalikest murdekohtadest jämedad. Otstes olevate jämedate kriipsude vastu, nendega risti, toetuvad vaate suunda näitavad nooled. Kummagi noole vahetusse lähedusse kirjutatakse lõike tähisena suurtähed (joon. 3.15, *a*). Samad kriipsukesega eraldatud tähttähistised märgitakse ka lõikekujutise kohale või selle alla, ühel ja samal joonisel ikka ühte moodi (joon. 3.15, *b*). Sõltumata sellest, millises asendis on jämedad kriipsud või nende vastu toetuvad vaate suuna nooled, kirjutatakse tähttähistised alati otse, s.o. orienteerituna joonise alumise serva järgi. Lõikepinnad joonisel viirutatakse.

LÕIKED ÜHE TASAPINNAGA

Lihtsamatel juhtudel võib eseme sisemist ehitust selgitada vaid ühe tasapinna abil tehtud lõikega. Joonisel 3.16 toodud detaili on võimalik kujutada kahte moodi. Joonise *a*-osas on peakujutis esitatud vertikaalse lõikega *B—B*, selle all selgitab horisontaalne lõige *A—A* detaili keskosas olevat koonilist ava. Joonise *b*-osas on peakujutis samuti tehtud vertikaalse

lõikega *B—B*, kuid koonilist ava näitab teine vertikaalne lõige *A—A*.

Ühe tasandiga lõiked on veel joonisel 3.17 ja joonisel 3.22, kus *B—B* on horisontaalne lõige ja *C—C* on kaldasendis läbipandud tasandiga saadud pööratud lõige.

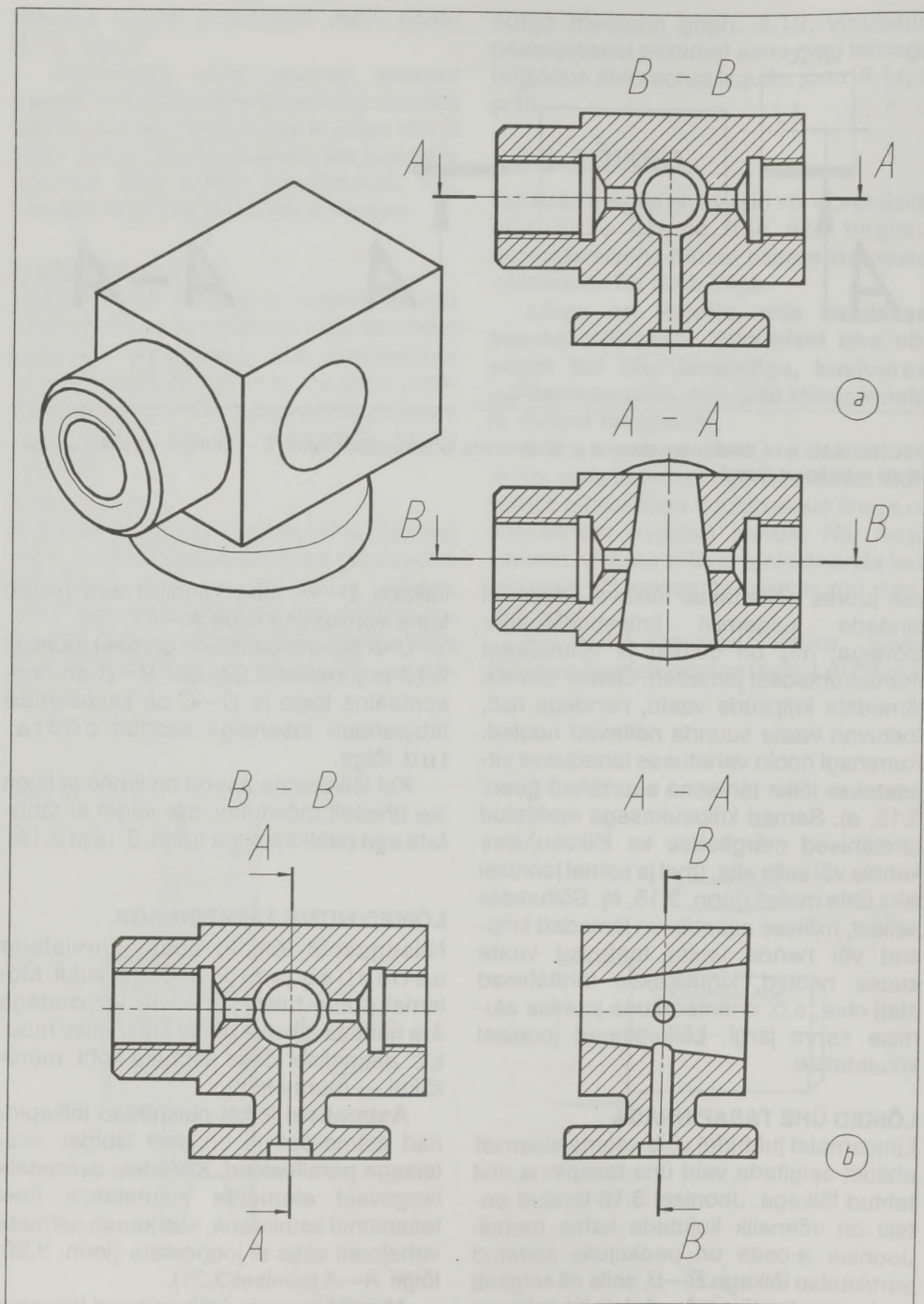
Kui lõikepinna asend on ilmne ja lõige ise üheselt mõistetav, siis lõiget ei tähistata ega pealkirjastata (joon. 3.18 ja 3.19).

LÕIKED MITME TASAPINNAGA

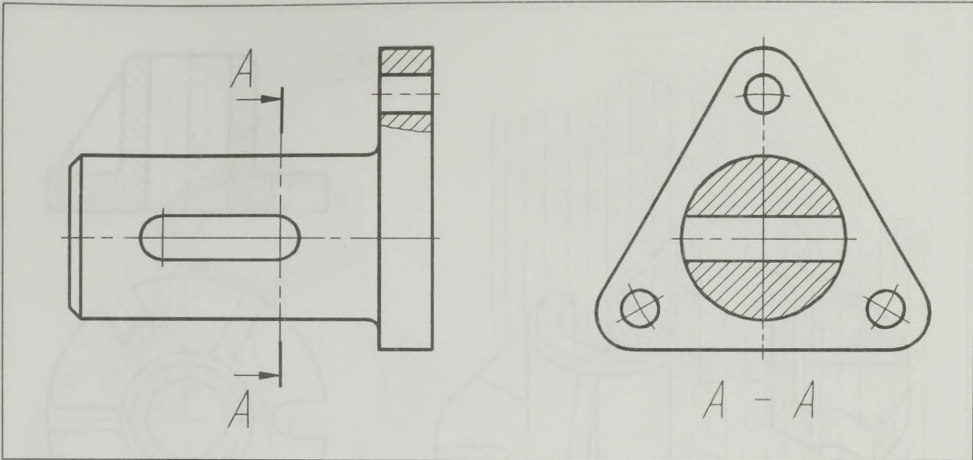
Niisuguseid lõikeid saab vormistada astmelise ja murdlõike kujul. Mõlemal puhul tuleb jämedate kriipsudega ära näidata lõikava pinna kulgemise muutus: astmelisel lõikel astmete koht, murdlõikel — murde koht.

Astmelisel lõikel paiknevad lõikepinnad astmeliselt ja on eset läbides üksteisega paralleelsed. Kõikidele astmetele langevaid elemente kujutatakse ühel tasapinnal asuvatena, kus juures astmete vahejooni välja ei joonestata (joon. 3.20; lõige *A—A* joonisel 3.21).

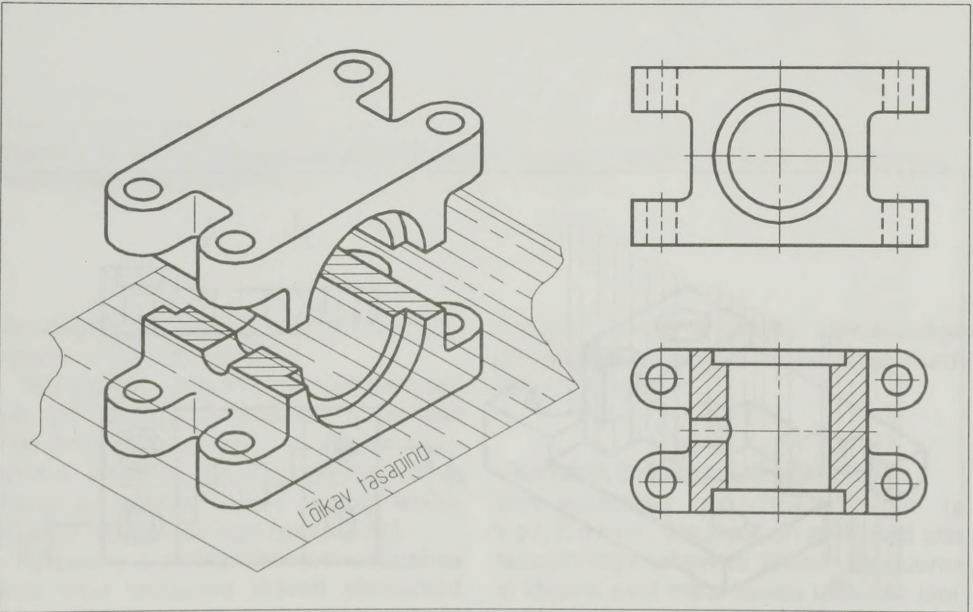
Murdlõike puhul lõikepinnad lõikuvad omavahel mingi nurga all. Nad asetatakse läbi detaili sümmeetriliste elemen-



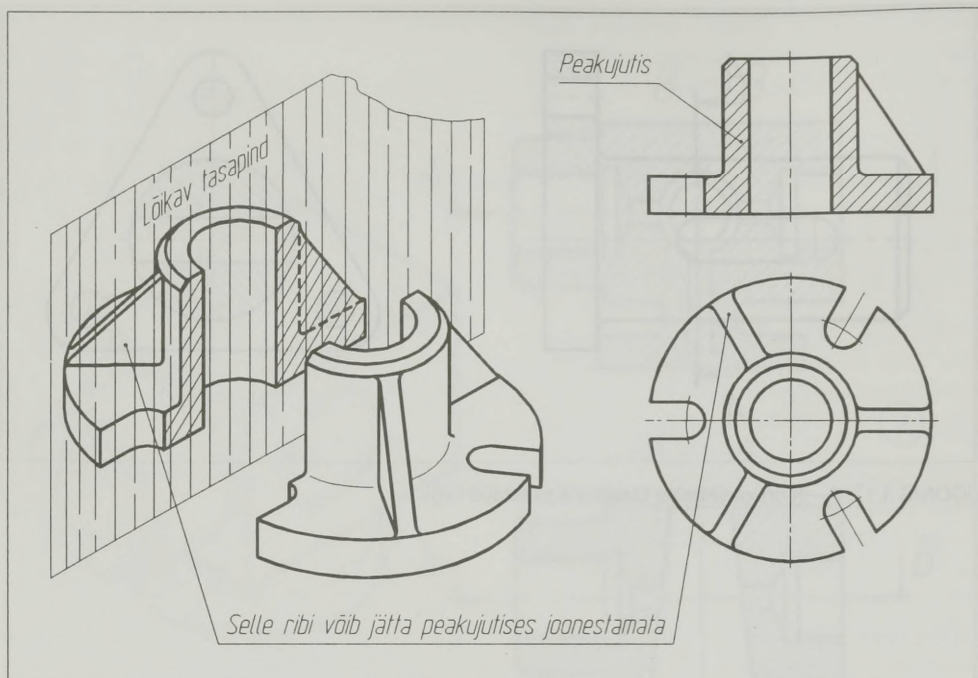
JOONIS 3.16. Ühe tasapinnaga tehtud lõiked: a — $A - A$ on saadud horisontaalse ja $B - B$ vertikaalse tasapinnaga; b — $A - A$ ja $B - B$ on mõlemad saadud vertikaalse tasapinnaga



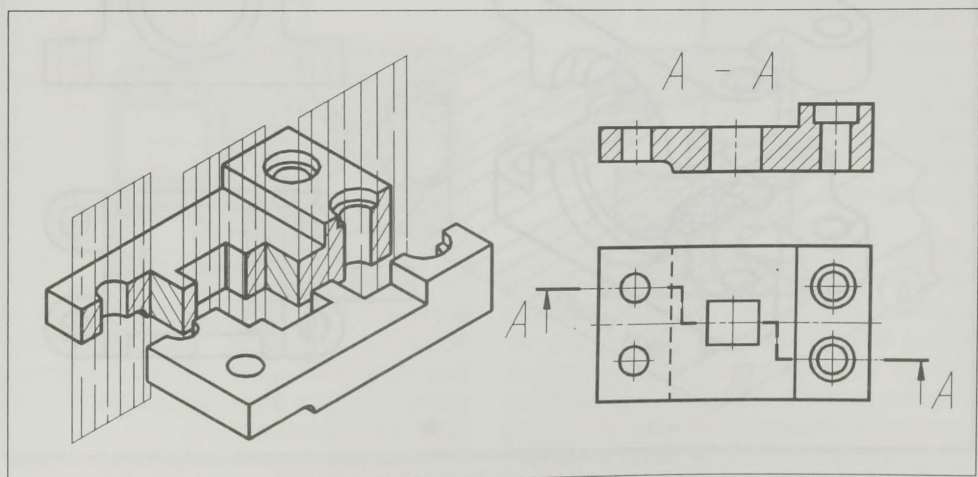
JOONIS 3.17. A—A on vertikaalse tasapinnaga tehtud lõige



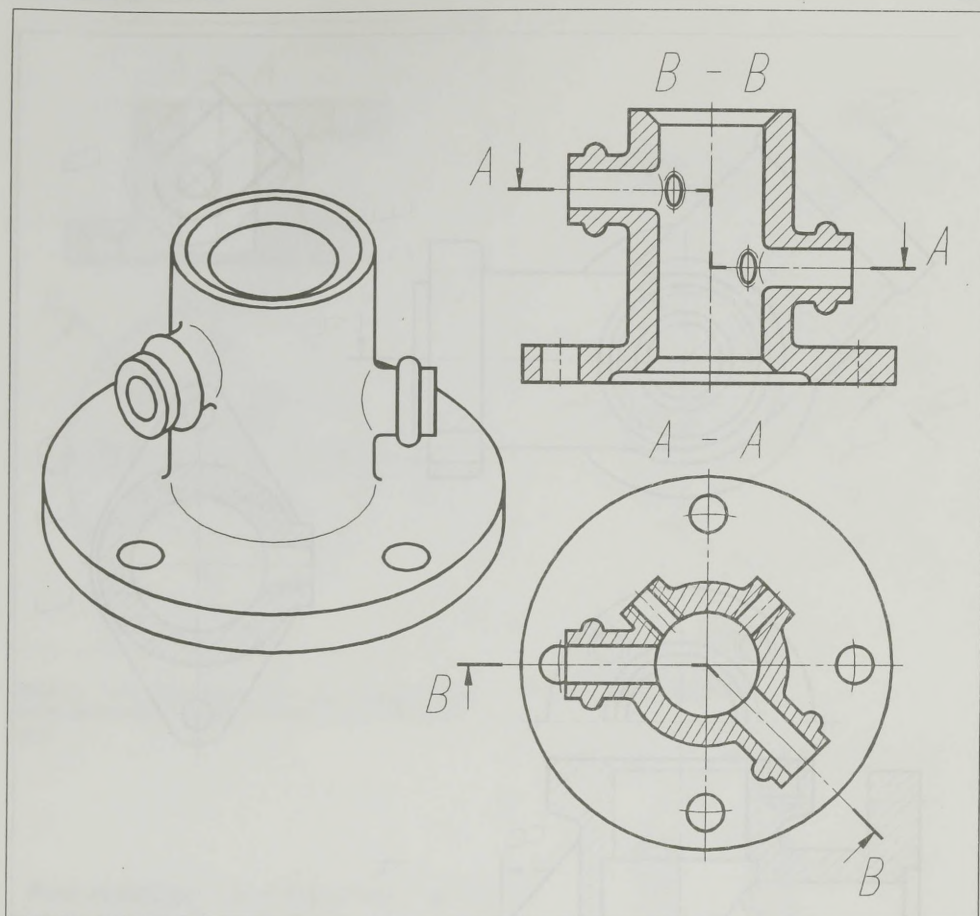
JOONIS 3.18. Horisontaallõiget siin ei tähistata ega pealkirjastata, sest lõikepinna asend on üheselt mõistetav



JOONIS 3.19. Vertikaalse tasandiga saadud tähistamata ja peakirjastamata lõige



JOONIS 3.20. Kolme vertikaalse tasapinnaga tehtud astmeline lõige



JOONIS 3.21. A—A on horisontaalsete tasapindadega tehtud astmeline lõige; B—B on vertikaalsete tasapindadega tehtud murdlõige

tide telgjoonte (lõige $B-B$ joonisel 3.21; lõige $A-A$ joonisel 3.22).

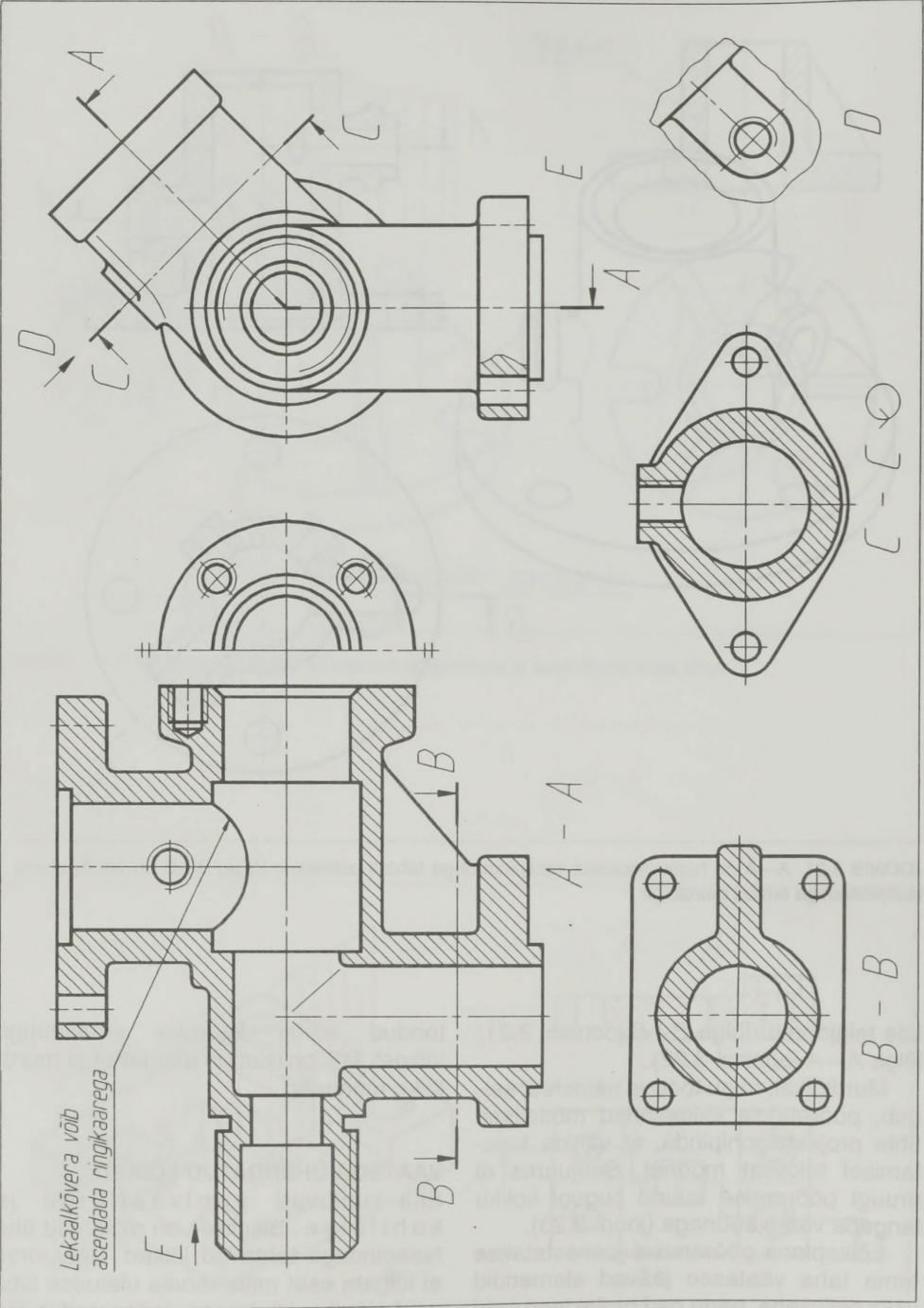
Murdlõikel, nagu toodud näidetest selgub, pööratakse lõikepinnad mõtteliselt ühte projektsioonipinda, et vältida kujutamisel tekkivat moonet. Seejuures ei pruugi pööramise suund sugugi kokku langeda vaate suunaga (joon. 3.23).

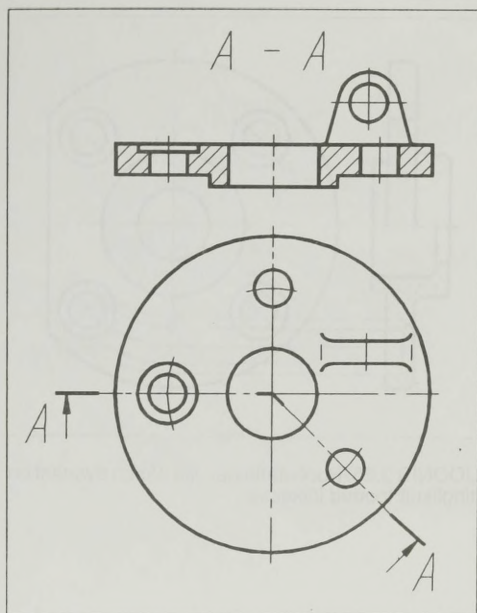
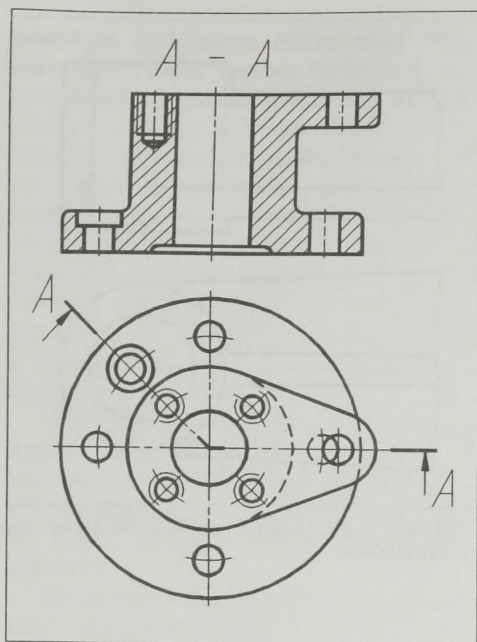
Lõikepinna pööramisel joonestatakse tema taha vaatesse jäävad elemendid välja sellistena, nagu nad projekteeruksid vastavale tasapinnale, milleni lõikepind pööratakse (joon. 3.24). Joonisel 3.25 on

toodud näide keeruka struktuuriga lõikest, kus on liitunud astmelise ja murdlõike tunnused.

VAATEGA ÜHENDATUD LÕIKED

Siia kuuluvad poolvaatlõige ja kohtlõige. Sisuliselt on mõlemad ühe tasapinnaga tehtavad lõiked. Seejuures ei lõigata eset mitte terves ulatuses läbi, vaid ainult teatud osas, joonestades lõigatud osa kokku lõikamata jäänud vaateosaga.



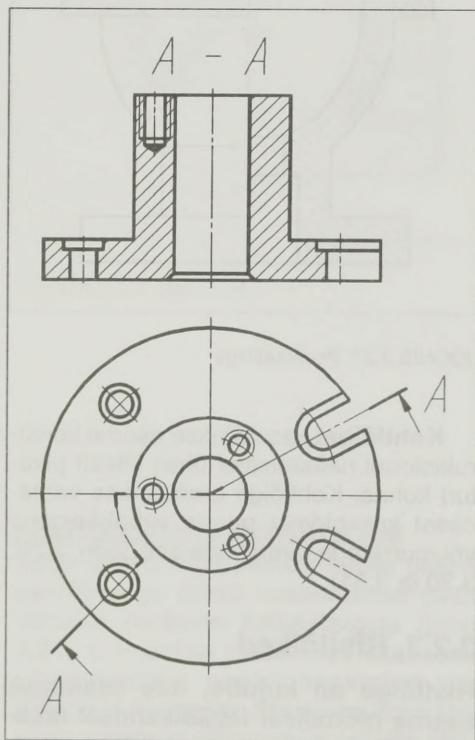


JOONIS 3.23. Murdlõige, kus vasakpoolse lõikepinna pööramise suund ei lange kokku vaate suunaga

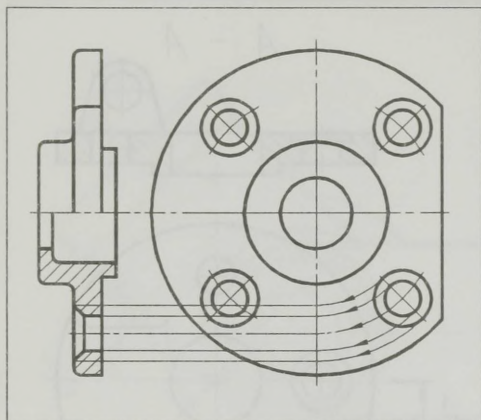
JOONIS 3.24. Murdlõige

Poolvaatlõige vormistatakse ainult sümmeetrilistest kehadest, kusjuures vaate ja lõikeosa eraldusjooneks on sümmeetriatelg (kriipspunktpeenjoon). Poolvaatlõiget ei tähistata (joon. 3.26, 3.27 ja 3.32). Poolvaatlõikes võib kujutada ka selliseid esemeid, mis tervikuna ei ole sümmeetrilised, kuid omavad pöördkeha näol sümmeetrilist elementi (joon. 3.28).

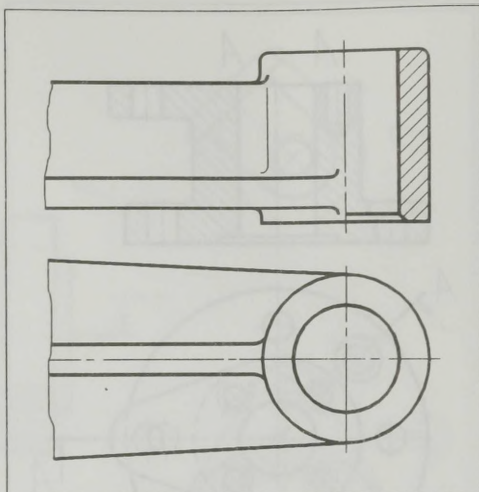
⇒ JOONIS 3.22. A—A on kahe lõikepinnaga tehtud murdlõige; B—B on ühe lõikepinnaga tehtud horisontaallõige; C—C on ühe lõikepinnaga saadud kaldlõige joonestatuna pööratud asendis; D on osaline vaade; E on projektsioonilise seoseta vasakultvaade; murdlõikes peakujutisest A—A paremal on telgjoone abil seotud kohtvaade



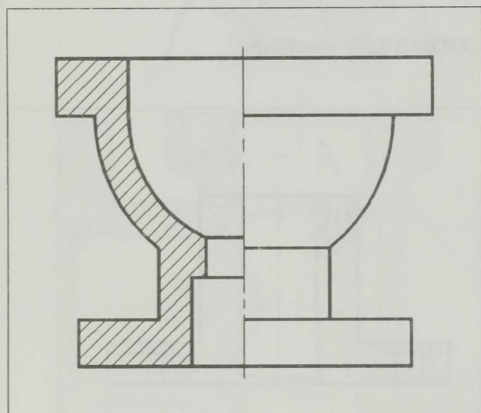
JOONIS 3.25. Keeruka struktuuriga lõige ⇒



JOONIS 3.26. Poolvaatlõige, üks ääriku avadest on tinglikult toodud lõikesse



JOONIS 3.28. Esemee pöördkehakujuline osa poolvaatlõikes

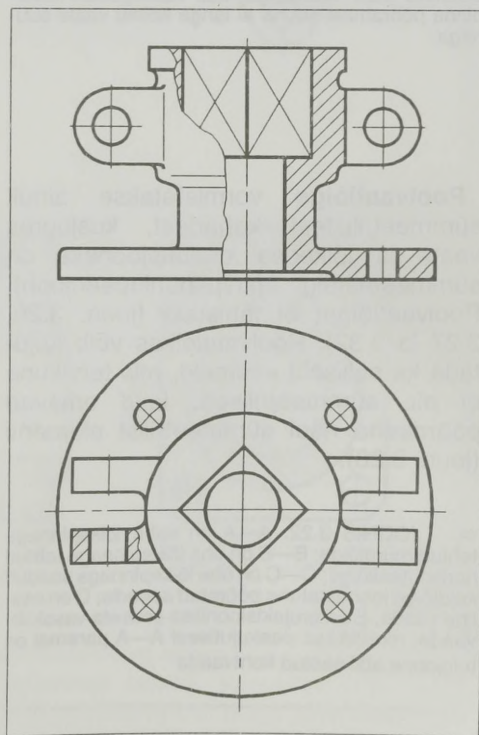


JOONIS 3.27. Poolvaatlõige

Kohtlõiget kasutatakse eseme konstruktsiooni näitamiseks ühes kitsalt piiratud kohas. Kohtlõige eraldatakse vaates osast kas pideva peene vabakäejoone või murretega peenjoone abil (joon. 3.29, 3.30 ja 3.31).

3.2.3. Ristlõiked

Ristlõige on kujutis, mis saadakse eseme mõttelisel läbilõikamisel tasa-



JOONIS 3.29. Kohtlõiked

pinnaga, kusjuures näidatakse reeglina ainult neid eseme elemente, mis langevad vahetult lõikavale pinnale (moodustavad lõikava tasapinnaga ühisosa). Mõnevõrra teisiti tuleb teha siis, kui lõikav tasapind läbib pöördpinnaga piiratud ava või süvendi telgjoont. Sel juhul näidatakse ristlõikel erandina ära niisuguse ava või süvendi needki elemendid, mis jäävad lõikava pinna taha vaatesse. On kasulik võrrelda joonisel 3.32 toodud kujutisi A—A, millest üks on lõige, teine aga ristlõige.

Ristlõike ülesandeks on selgitada eseme läbilõigatud koha geomeetrilist kuju moondevabalt. Seepärast valitakse lõikava pinna asend kas eseme telgjoone või tema rööpsete servajoonte suhtes alati risti.

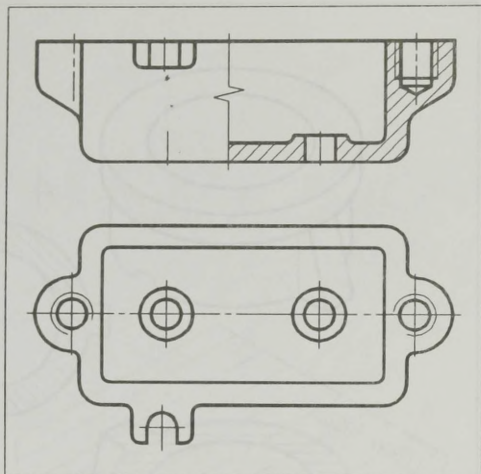
Eristatakse kaht ristlõike vormistamise viisi: väljatoodud ja pealejoonestatud ristlõiget.

VÄLJATOODUD RISTLÕIGE

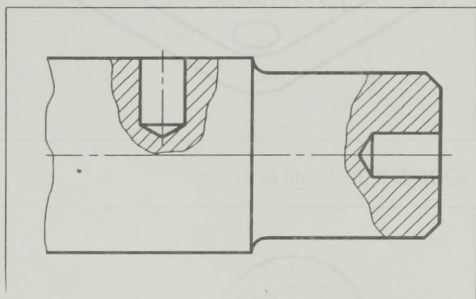
Seda liiki kujutis joonestatakse välja pideva jämejoonega. Joonisel on võimalik teda siduda kriipspunktpeenjoone abil lähtekujutisega selle vahetus läheduses (joon. 3.33, a ja b). Lõikepinna suhtes ebasümmeetrilise seotud ristlõike puhul näidatakse nooltega veel ka vaate suund, kuid täht-tähiseid ei lisata (joon 3.34).

Muudel juhtudel väljatoodud ristlõiked tähistatakse. Pealkirjastatuna võib neid paigutada joonise vabale pinnale (joon. 3.35). Kui eseme erinevatest kohtadest tehtud ristlõiked on ühesugused, tuleb nad tähistada ühe ja sama tähega ning välja joonestada ainult ühel korral (joon. 3.36).

Ristlõike asend joonisel peab vastama nooltega näidatud vaate ja maha-pööramise suunale (ristlõige C—C joonisel 3.36). Kui ristlõike asendit on muudetud, lisatakse pealkirjale pööramismärk (ristlõige B—B joonisel 3.36). On aga lõikepind asetatud läbi eseme mitmesuguste nurkade all, jäetakse pööramismärk ära (ristlõige A—A joonisel 3.36).



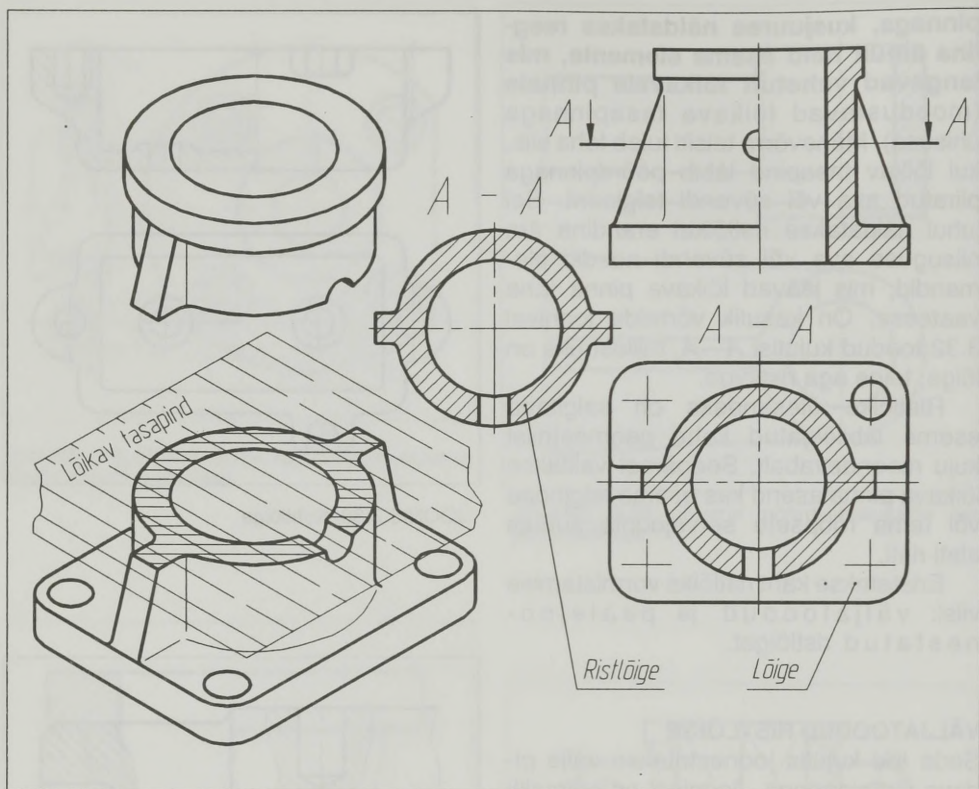
JOONIS 3.30. Kohtlõige



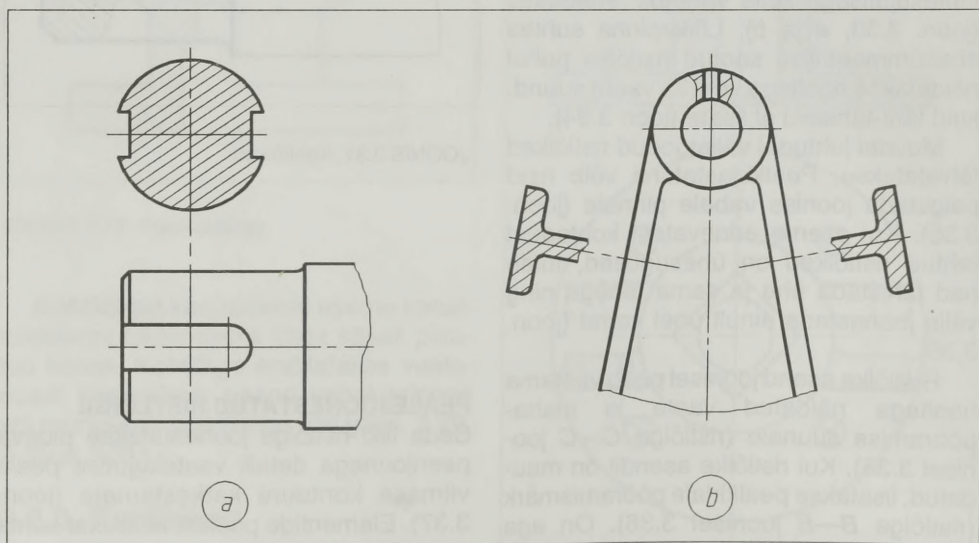
JOONIS 3.31. Kohtlõiked

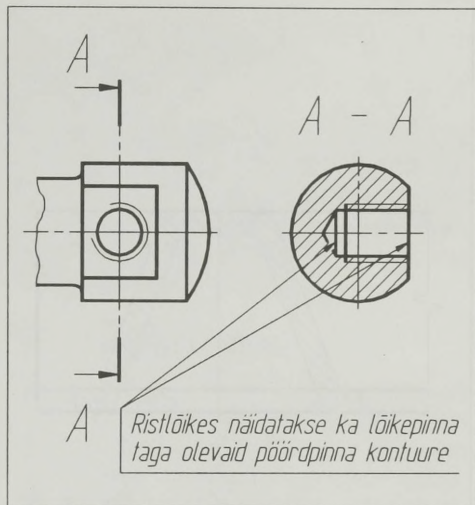
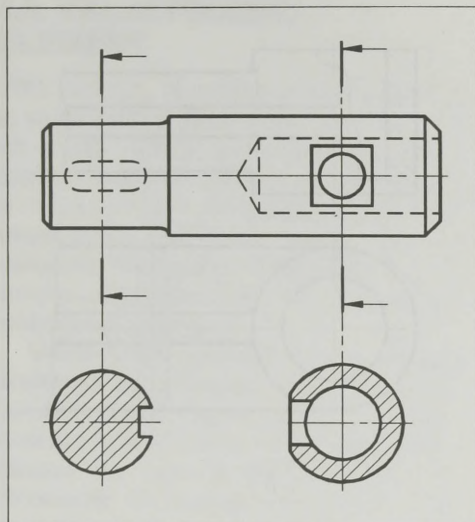
PEALEJOONESTATUD RISTLÕIGE

Seda liiki ristlõige joonestatakse pideva peenjoonega detaili vaatekujutise peale viimase kontuure katkestamata (joon. 3.37). Elementide poolest keerukat kohta vaatekujutisel pealejoonestatud ristlõikega ei koormata. Niisuguse koha kuju võiks selgitada väljatoodud ristlõike abil.



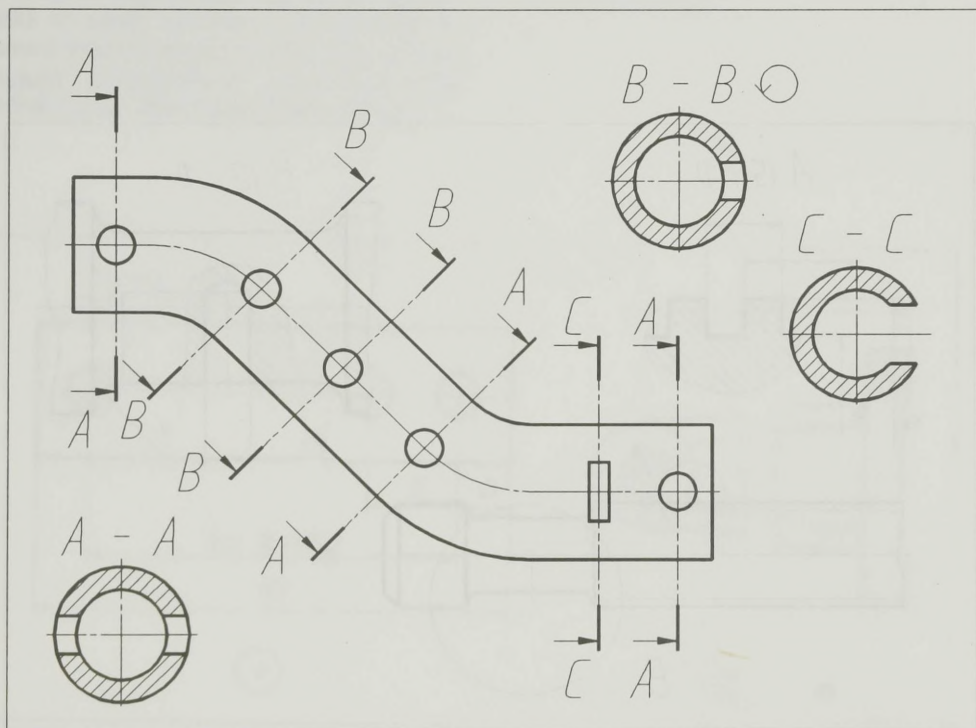
JOONIS 3.32. Lõige ja ristlõige

JOONIS 3.33. *a* ja *b*. Väljatoodud ristlõiked. Sümmeetriliste ristlõigete korral, mis on lähtekujutisega seotud, vaate suunda ei näidata

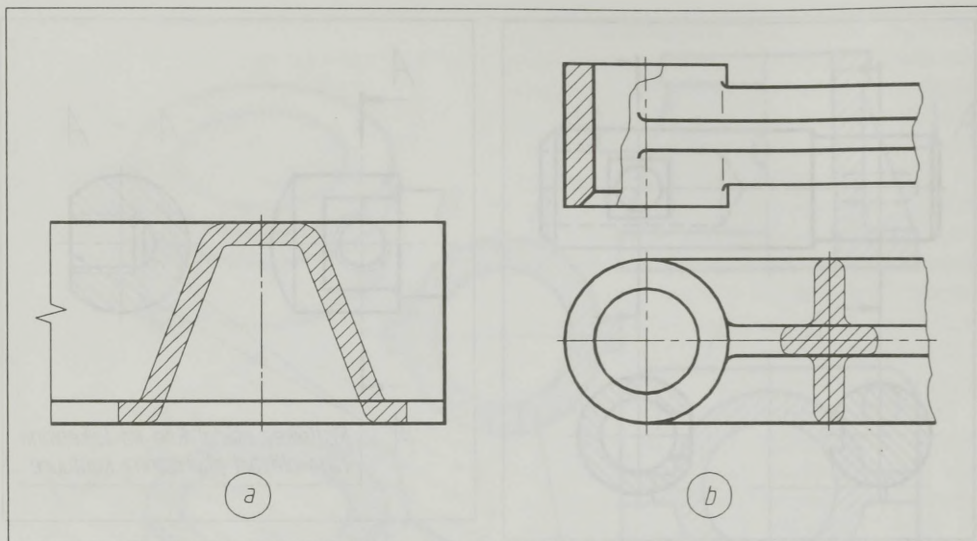


JOONIS 3.35. Väljatoodud ristlõige

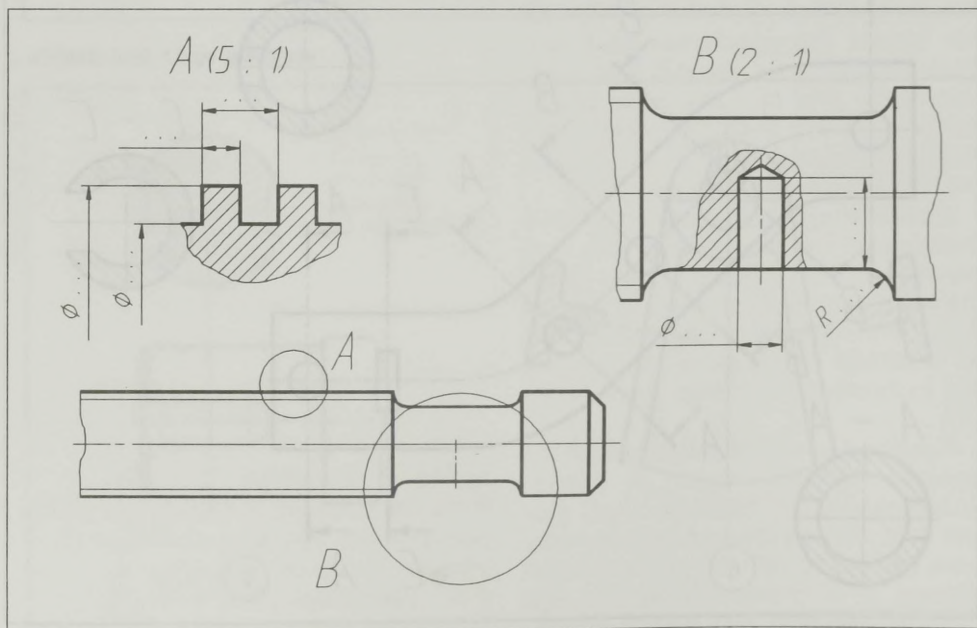
JOONIS 3.34. Väljatoodud ristlõiked. Lähtekujutisega on nad kriipsunktpeenjoone abil seotud. Nooled selgitavad vaate suunda



JOONIS 3.36. Väljatoodud ristlõiked



JOONIS 3.37. Pealejoonestatud ristlõige



JOONIS 3.38. Väljatoodud element

3.3. VÄLJATOODUD ELEMENT

Võib juhtuda, et eseme üheltki kujutiselt ei selgu teatud elemendi konstruktsioon, või ei saa väikese mõõtsuhte tõttu sinna juurde märkida mõõtmeid, pinnakaredusi ja muud tarvilikku. Ilmselt on siis kujutised vaadeldava elemendi seisukohalt liiga väikesed. Niisugusel korral tuleb see element joonise vabale pinnale suurendavas mõõtkavas välja tuua.

Väljatoodud element võib sisaldada üksikasju, mis põhikujutisel, kust see element välja kanti, näiliselt puuduvad. Väljatoodud element võib erineda oma põhikujutisest ka sisu poolest, näiteks kui põhikujutis on vaates, väljatoodud element aga lõikes.

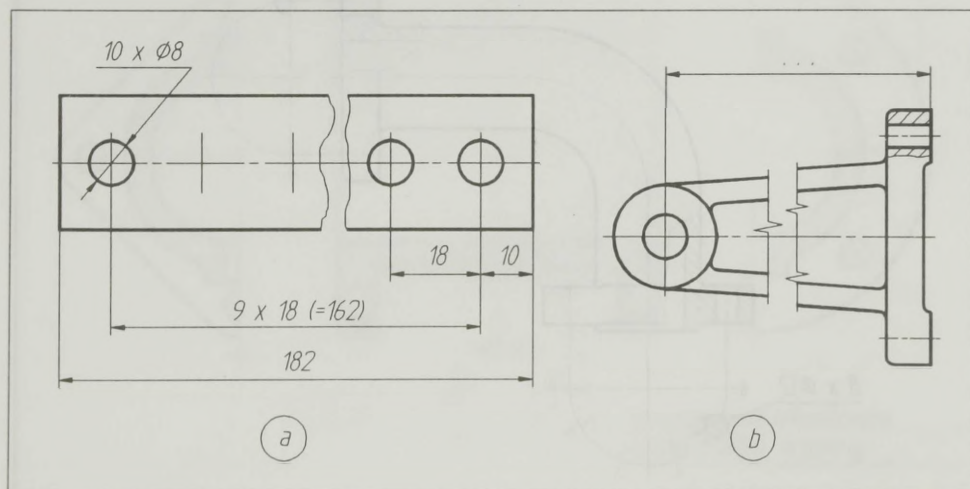
Põhikujutisel ümbristetakse vastav koht pideva peenjoone abil tõmmatud ringiga. Sinna juurde märgitakse tähisena suurtäht. Väljatoodud elemendi pealkirjaks on sama suurtäht koos sulgudes lisatud mõõtsuhtega. Sellisel viisil saadud kujutis paigutatakse võimalikult oma põhikujutise lähedusse (joon. 3.38).

3.4. LIHTSUSTUSED JA TINGLIKKUSED JOONISEL

Selleks, et vähendada joonestamisel töömahtu, või et ökonoomsemalt kasutada joonise pinda, rakendatakse mitmeid tinglikke ja lihtsustavaid kujutamismõtteid. Seejuures tuleb jälgida, et ei saaks kahjustatud kujutise selgus.

3.4.1. Katkestused

Ühtlase või ühtlaselt muutuva ristlõikega eseme (võll, varras, valtsprofiil, keps v.m.) kujutamisel võib jätta osa ühtlasest või ühtlaselt muutuvast kohast välja. Allesjäänud osad piiratakse katkestusjoonega ja tuuakse üksteisele lähemale. Mõõtarvud näitavad siiski eseme katkestatud osade tegelikku pikkust, kusjuures mõõtjooned peavad olema katkestuseta (joon. 3.39).



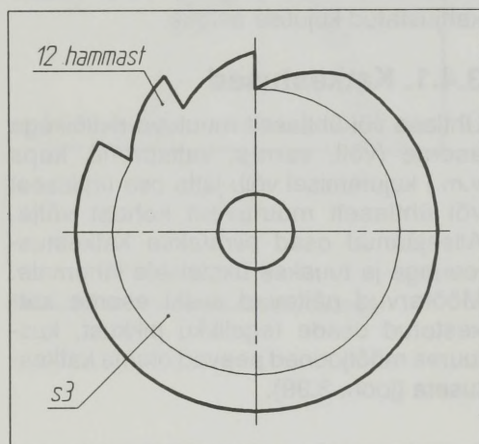
JOONIS 3.39. Katkestused: a — ühtlase ristlõikega esemest; b — eseme ühtlaselt muutuva ristlõikega elemendist

3.4.2. Korduvad elemendid

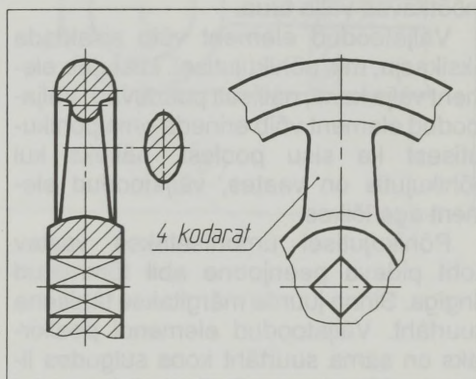
Kui esemel on mitu ühesugust elementi, mille paigutuse korrapärasus on pilguga kergesti tabatav, võib selle eseme kujutisel joonestada neist elementidest välja ainult ühe või mõned, ülejäänud aga näidata tinglikult või lihtsustatult (joon, 3,32,

augud lõikel A—A, joon. 3.40, ketasfreesi hambad). Esemest võib kujutada ka ainult teatud osa, märkides juurde korduvate elementide arvu (joon 3,41).

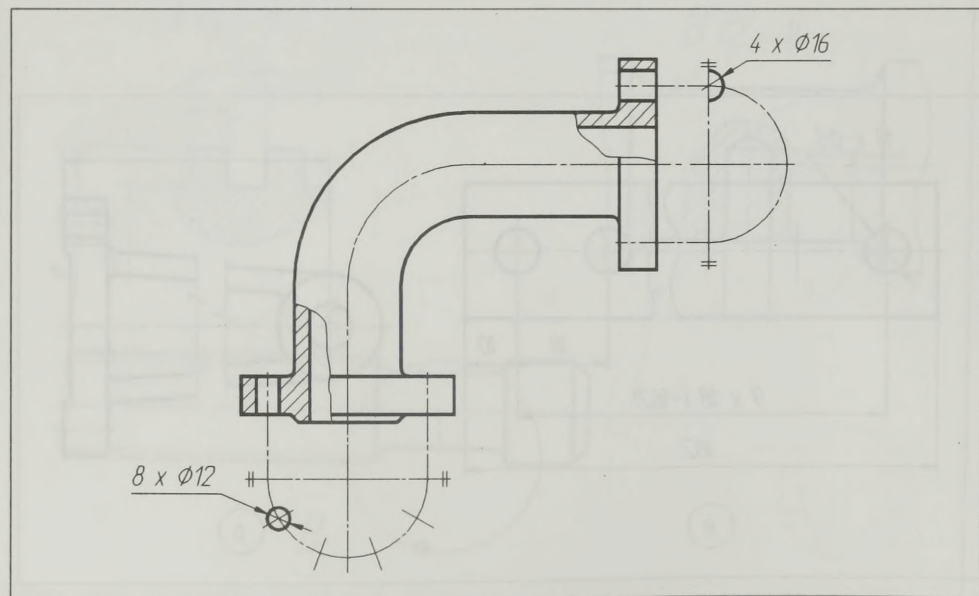
Avade paiknemist äärikus võib täisvaate asemel selgitada tinglikult ainult avade jaotusringjoone abil (joon. 3.42).



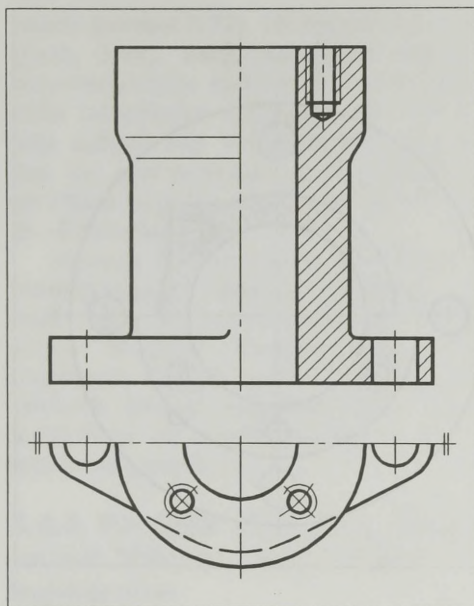
JOONIS 3.40. Korduvate elementide (ketasfreesi hammaste) kujutamine joonisel



JOONIS 3.41. Korduvate elementide (kodarate) näitamine joonisel



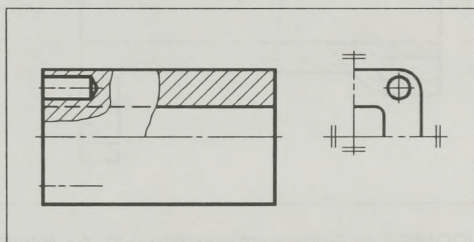
JOONIS 3.42. Avade asukoha näitamine jaotusringjoone abil



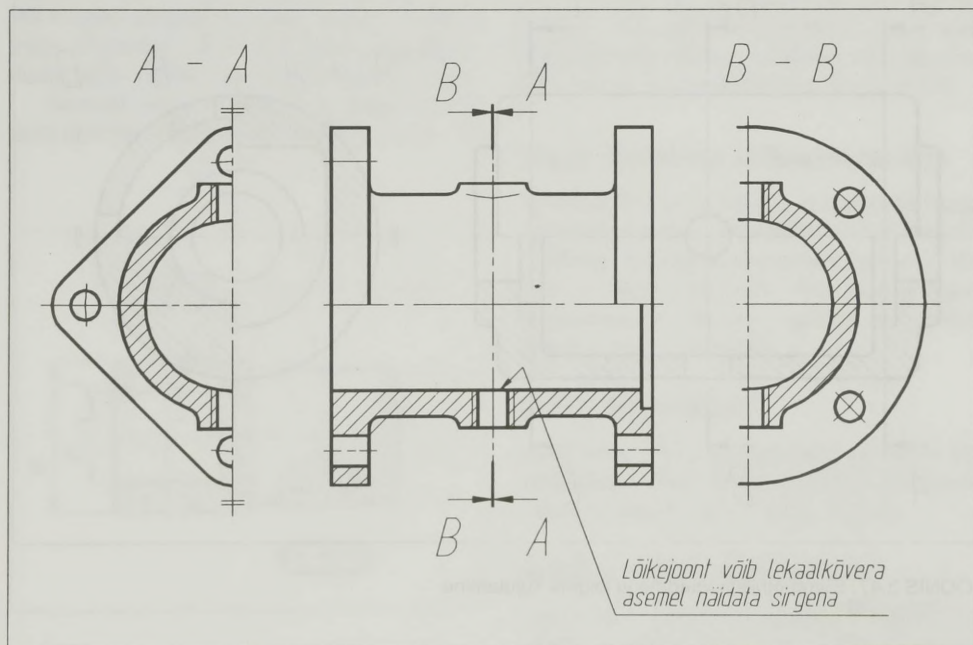
JOONIS 3.43.

3.4.3. Sümmeetrilised kujutised

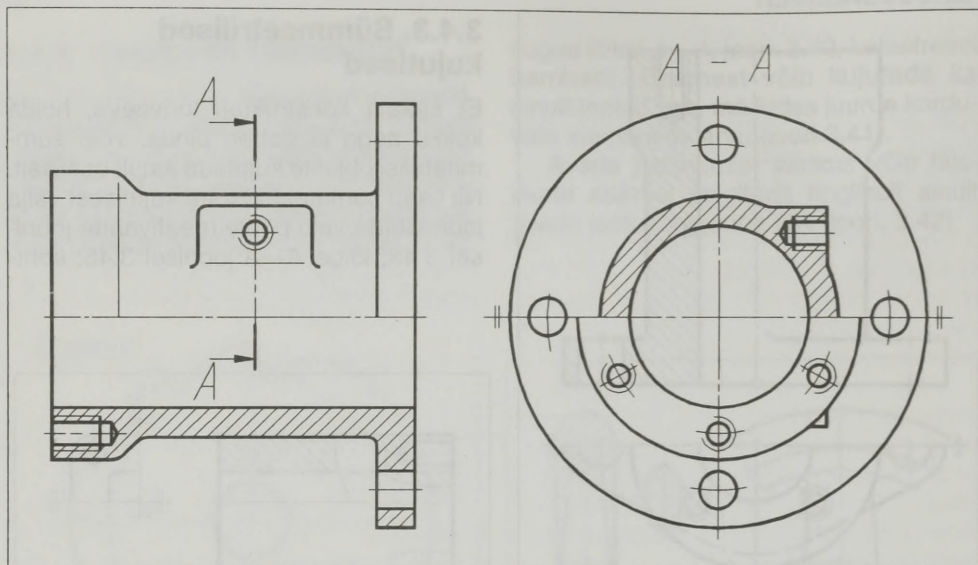
Et säästa konstruktori töövaeva, hoida kokku aega ja paberi pinda, võib sümmeetrilisi objekte kujutada ainult osaliselt. Nii saab sümmeetria tõttu kujutisest välja joonestada vaid poole (pealtvaade joonisel 3.43; lõige A—A joonisel 3.45; koht-



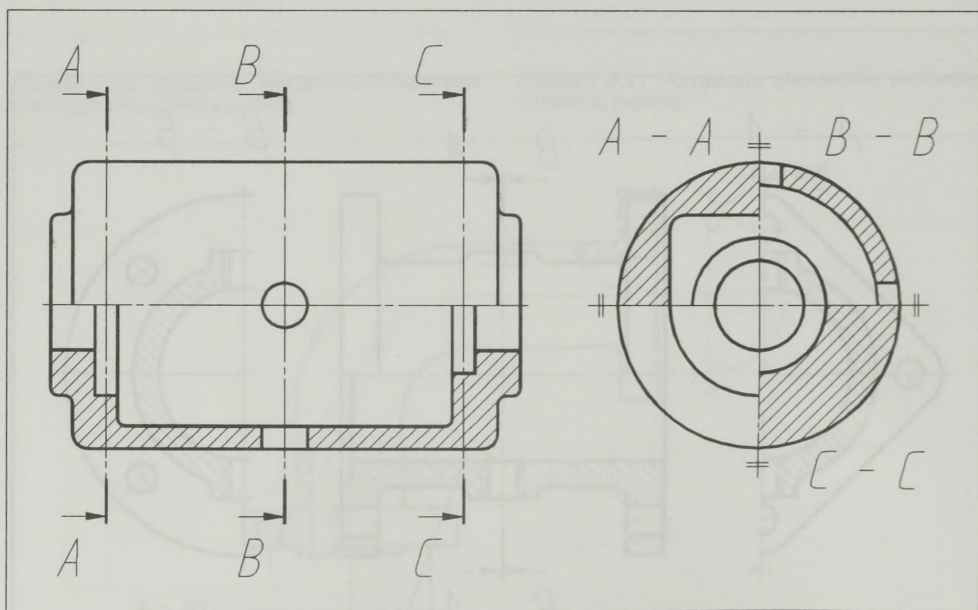
JOONIS 3.44.



JOONIS 3.45. Sümmeetrilised lõiked



JOONIS 3.46. Sümmeetrilise vaate ja lõike kujutamine



JOONIS 3.47. Sümmeetriliste vaadete ja lõigete kujutamine

vaade joonisel 3.22), või koguni veerandi (joon. 3.44). Seejuures tuleb kujutise sümmeetriatelje kumbki ots märgistada kahe paralleelse kriipsukesega, mis on telje suhtes risti. Kriipsukesed jäetakse ära, kui sümmeetrilise objekti kontuurid on viidud veidi üle sümmeetriatelje (lõige B—B joonisel 3.45).

Joonisel 3.46 on vaade ja lõige sümmeetriatelgepidi kokku joonestatud. Samuti võib ühendada veerand vaadet kolme erineva lõikeveerandiga, kuid tingimusel, et kõik need kujutised eraldi võetuna oleksid sümmeetrilised (joon. 3.47) Pool- või veerandkujutisena ei esitata toote peakujutisi.

3.4.4. Pindade ühisjoone (lõikejoone) lihtsustatud ja tinglik kujutamine

Kui erinevate pindade ühistel lõikejoontel ei ole eseme konstruktsiooni selgitamise seisukohalt olulist tähtsust, võib neid välja joonestada lihtsustatud kujul, näiteks lekaalkõvera ringi kaartena (joon. 3.22) või koguni sirgetena (joon. 3.45). Viimane võtte õigustab end lõikuvate pöördpindade läbimõõdu suure erinevuse korral.

Samuti võib kandilise kujuga ava ja pöördpinna lõikumisel tekkiva sirge või

valdavalt sirge lõikejoone jätta nihutamata (joon. 3.48).

Sujuva ülemineku puhul ühelt pinnalt teisele võib kujuteldavaid lõikejooni näidata tinglikult pideva peenjoonega, mis ei ulatu kontuurjooneni (joon. 3.49, a ja b) või jätta üldse näitamata (sama joonise c-osa). Väikesi ja vähemärgatavaid kaldeid ning koonilisusi võib joonisel veidi suurendada.

Joonistel, kus kalle või koonilisus ei avaldu kuigi selgelt, tõmmatakse tinglikult ainult üks joon (s.o. pidev peenjoon), mis vastab projektsiooniliselt kaldega elemendi väiksemale mõõtmele (joon. 3.50, a) või koonilisusega elemendi väiksemale põhjaringjoonele (joon. 3.50, b).

3.4.5. Eseme tasapinnalised osad. Ruudu- või ristkülikukujulised avad

Tasapinnalised eseme osad pöördpindade läheduses tuuakse esile diagonaalsete pidevate peenjoontega (joon. 3.29, 3.41, 3.52). Ka lamedaid detaile läbivad ruudu- või ristkülikukujulised avad võib joonisel märgistada pidevas peenjoones tõmmatud diagonaalidega (joon. 3.51).

3.4.6. Element lõikepinna ees

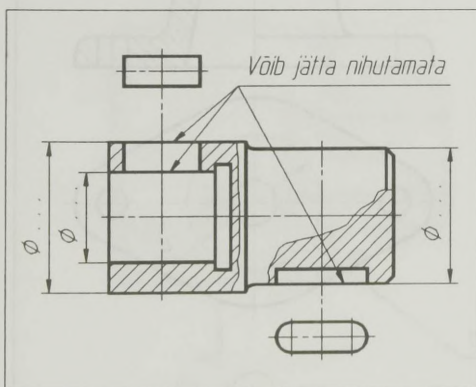
Joonise lihtsustamiseks ja kujutiste hulga vähendamiseks lubatakse lõike taustal näidata kriipskakspunktpreenjoone abil eseme seda elementi, mis jääb lõikava tasapinna ja vaatleja vahele, s.t. lõikepinna ette (joon. 3.52).

3.4.7. Rihveldus

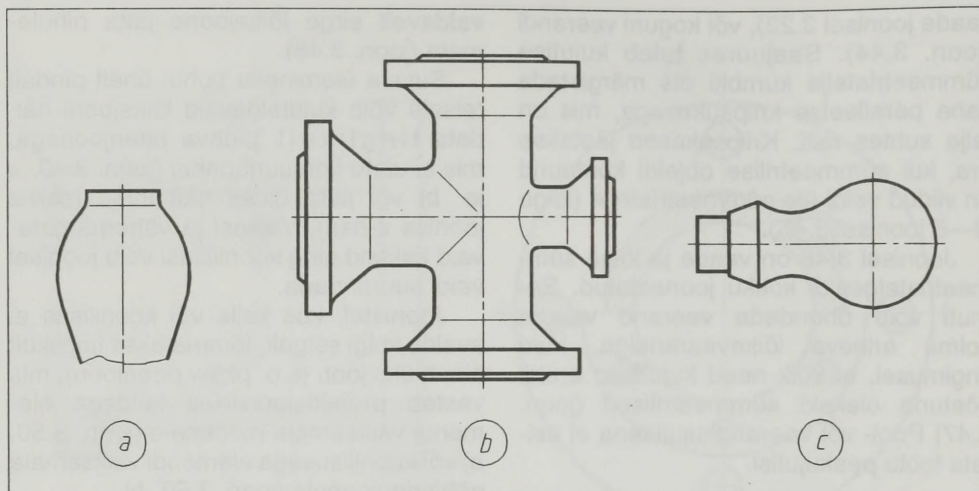
Esemetel, mille teatud pind on üleni rihveldatud, võib seda joonisel kujutada ainult osaliselt (joon. 3.53, a ja b).

3.4.8. Laotatud kujutised

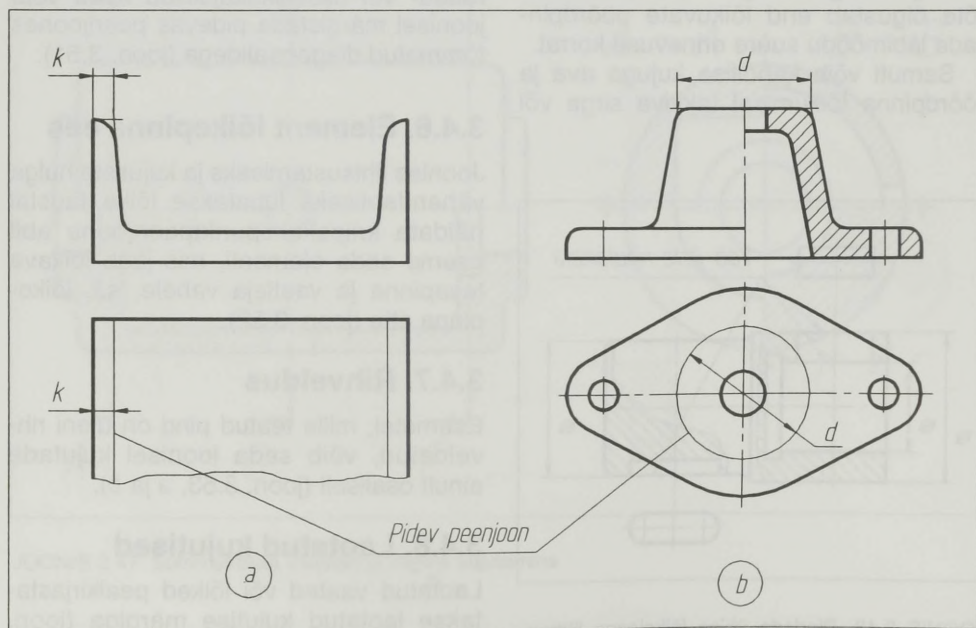
Laotatud vaated või lõiked pealkirjastatakse laotatud kujutise märgiga (joon. 3.54). Joonisel 3.55 esitatakse õhukesest



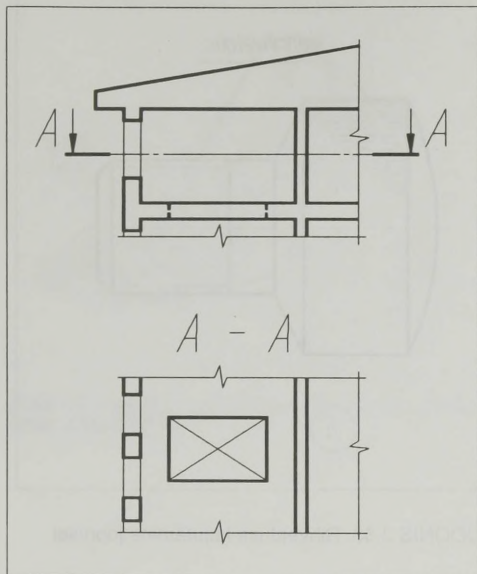
JOONIS 3.48. Pindade ühise lõikejoone lihtsustatud kujutamine



JOONIS 3.49. *a, b* — sujuvatel üleminekutel kujuteldavate lõikejoonte näitamine; *c* — üleminek võib jääda näitamata



JOONIS 3.50. Väikeste kallete ja koonilisuste tinglik kujutamine

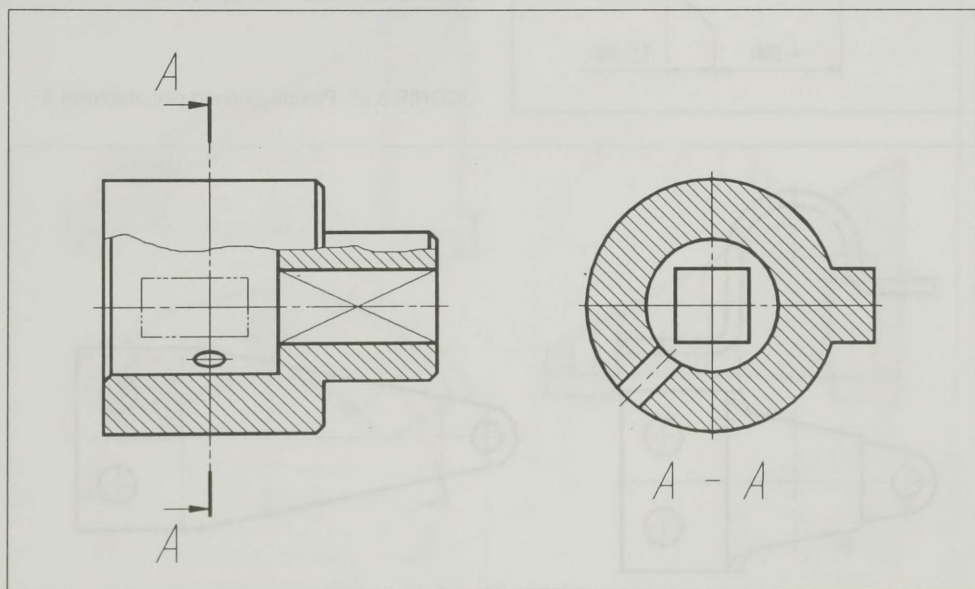


JOONIS 3.51. Õhukesest lamedast detailist läbimineva ristkülikukujulise ava märgistamine diagonaalidega

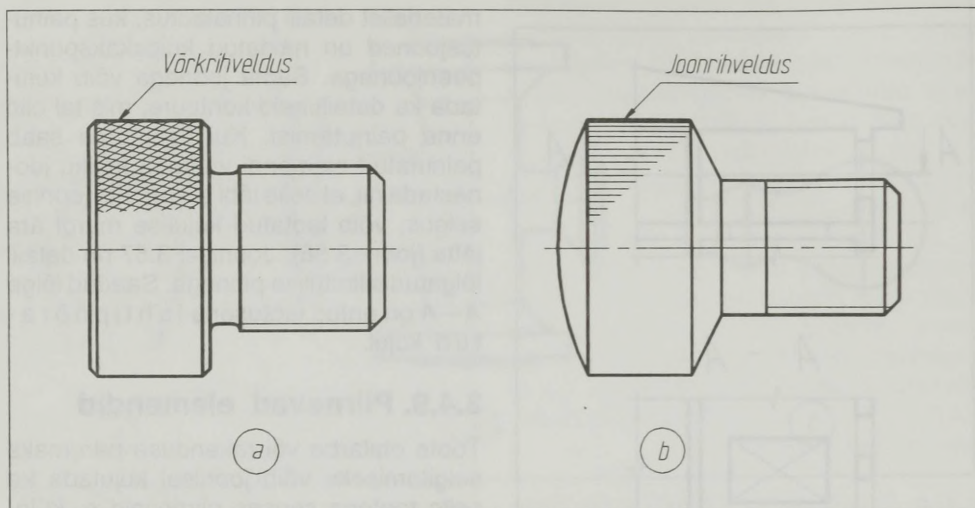
materjalist detaili pinnalaotus, kus painutusjooned on näidatud kriipskakspunkteenjoonega. Sama joonega võib kujutada ka detaili neid kontuure, mis tal olid enne painutamist. Kui seejuures saab painutatud elemendi vaatega kokku joonestada nii, et selle läbi ei kannata joonise selgus, võib laotatud kujutise märgi ära jätta (joon. 3.56). Joonisel 3.57 on detaili lõigatud silindrilise pinnaga. Saadud lõige A—A on antud laotusena lahtipööratud kujul.

3.4.9. Piirnevad elemendid

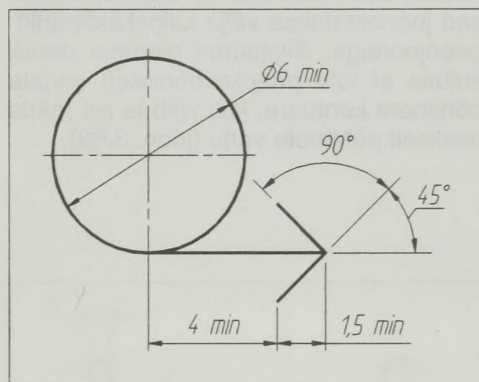
Toote otstarbe või rakenduse paremaks selgitamiseks võib joonisel kujutada ka selle tootega seoses piirnevaid e. külgnevaid seadmete osi või detaile. Viimased joonestatakse välja kriipskakspunkteenjoonega. Siinjuures piirneva detaili kujutis ei tohi projektsiooniliselt varjata põhitoote kontuure, küll võib ta ise jääda osaliselt põhitoote varju (joon. 3.58).



JOONIS 3.52. Lõikepinna ette jääva elemendi näitamine joonisel



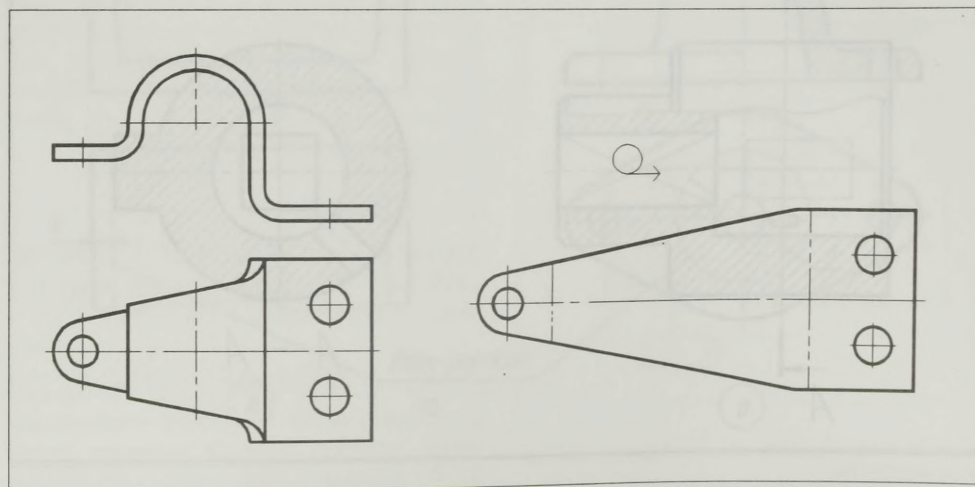
JOONIS 3.53. Rihvelduse kujutamine joonisel

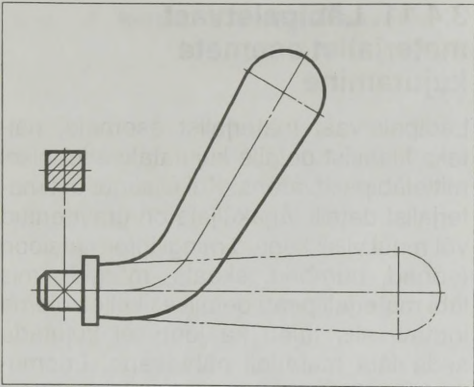


JOONIS 3.54. Laotatud kujutise märk

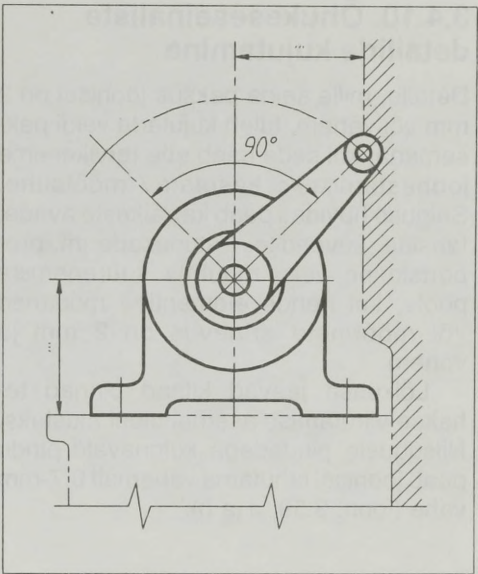


JOONIS 3.55. Painutusjooned pinnalaotusel

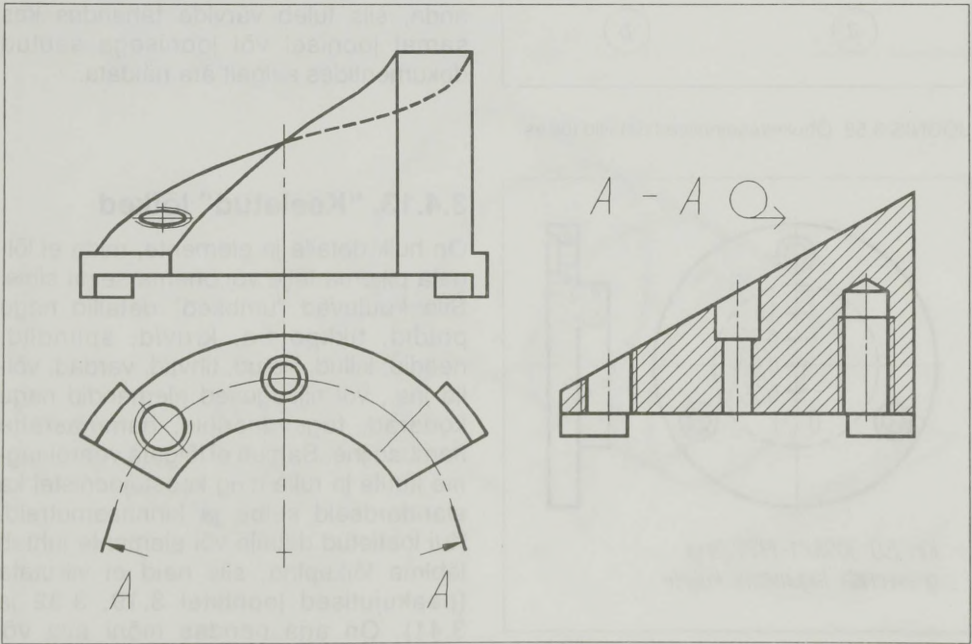




JOONIS 3.56. Painutatud element, mis on vaatega kokku joonestatud



JOONIS 3.58. Piirnevate seadmete kujutamine põhilise toote joonisel

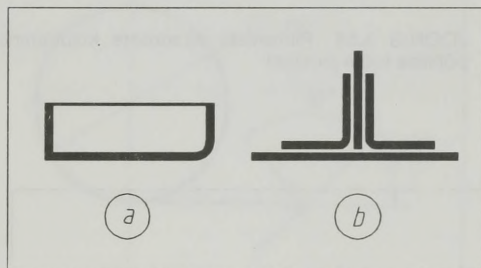


JOONIS 3.57. Silindrilise pinnaga tehtud lõige, mis esitatakse laotatud kujul

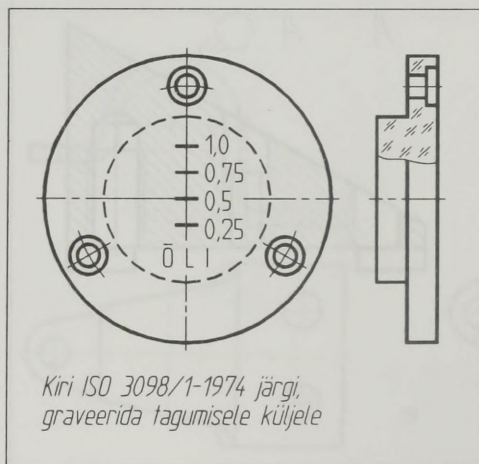
3.4.10. Õhukeseseinaliste detailide kujutamine

Detaile, mille seina paksus joonisel on 2 mm või vähem, tuleb kujutada veidi paksemana, kui seda näeb ette tervikeseme joonestamiseks kasutatav mõõtsuhe. Selguse huvides peab ka väikeste avade, faaside, süvendite, liistupesade jm. proportsioone veidi muutma suurenemise poole, kui nende elementide mõõtmed või mõõtmete erinevus on 2 mm ja vähem.

Lõikesse jäävad kitsad pinnad tehakse viirutamise asemel üleni mustaks. Niisuguste pindadega külgnevaid pindu peab joonisel lahutama vähemalt 0,7-mm vahe (joon. 3.59, a ja b).



JOONIS 3.59. Õhukeseseinalised detailid lõikes



JOONIS 3.60. Info läbipaistva eseme tagaküljel

3.4.11. Läbipaistvast materjalist esemete kujutamine

Läbipaistvast materjalist esemeid, näiteks klaasist detaile kujutatakse joonisel mitteläbipaistvatena. Kui niisugusest materjalist detaili tagaküljele on graveeritud või muul viisil kantud mingi informatsioon (sõnad, numbrid, skaala, märgid), mis läbi materjali peab detaili esiküljelt olema loetav, siis tuleb ka joonisel kujutada seda läbi materjali nähtavana. Loomulikult peab sama joonis sisaldama viiteid kirjade standardi ja materjalile kandmise viisi kohta (graveerimise, värvimise v.m. viisil töötlemise) (joon. 3.60).

3.4.12. Värvide kasutamine joonisel

Värvide kasutamist tehnilisel joonisel peetakse ebasoovitavaks. Kui siiski leitakse, et teatud informatsiooni on otstarbekas tingimata just värvidega edasi anda, siis tuleb värvide tähendus kas samal joonisel või joonisega seotud dokumentides selgelt ära näidata.

3.4.13. "Keelatud" lõiked

On hulk detaile ja elemente, mida ei lõigata pikema telje või õhema seina sihis. Siia kuuluvad "umbsed" detailid nagu poldid, tikkpoldid, kruvid, splindlid, needid, kiilud, liistud, tihvtid, vardad, võllid jne., või niisugused elemendid nagu kodarad, tugevdusribid, hammasratta hambad jne. Samuti ei lõigata veerelaagrite kuule ja rulle ning koostejoonistel ka standardseid seibe ja kinnitusmutreid. Kui loetletud detaile või elemente juhtub läbima lõikepind, siis neid ei viirutata (peakujutised joonistel 3.19, 3.32 ja 3.41). On aga nendes mõni ava või süvend, tuuakse nad esile kohtlõikega (joon. 3.31).

3.4.14. Keermete kujutamine

Keerme geomeetriliseks lähtealuseks on ruumiline kõver — kruvijoone. Selle tekkimist võib ette kujutada ühtlaselt ja sirgjooneliselt liikuva punkti trajektooriga mööda pöördpinda, kusjuures see pind ise pöörleb ümber oma telje.

Silindriline kruvijoone saadakse punkti ühtlasel piki silindri moodustajat kulgeval liikumisel, kui silinder samal ajal pöörleb ühtlaselt ümber oma telje. Joonisel 3.61 on näidatud silindrilise kruvijoone moodustumist sirgjooneliselt liikuva treitera ja vastupäeva pöörleva silindrilise varda üheaegse liikumise tulemusena.

Varda ühe täispöörde jooksul liigub treitera piki silindri moodustajat punktist A_1 punktini A_2 . Seda vahemaad nimetatakse kruvijoone sammuks P . Järgmise täispöördega liigub treitera ots punktist A_2 punktini A_3 , s.o. teise sammu jne.

Kui panna ühtlaselt ja sirgjooneliselt liikuma kaks treitera, tekib pöörleva silind-

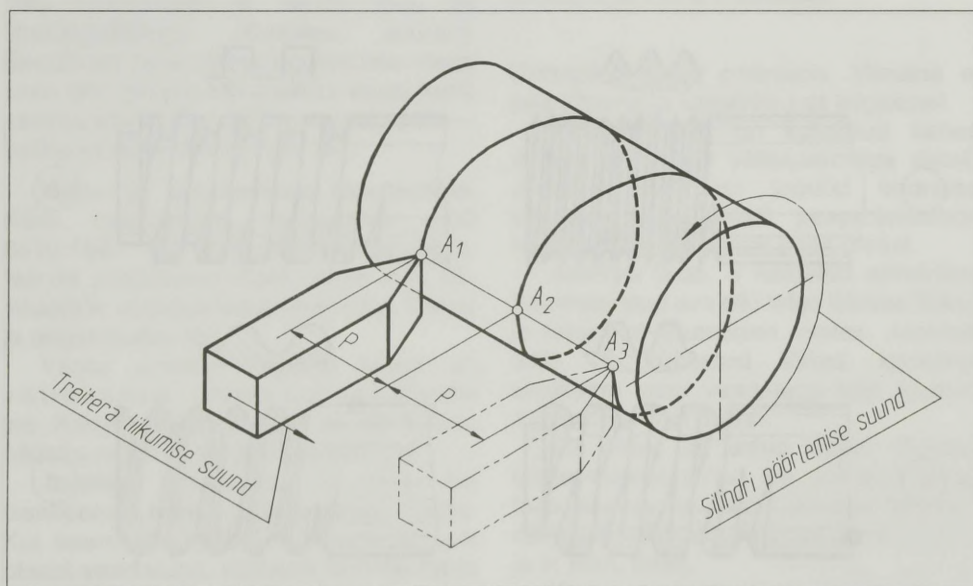
ri pinnale kaks võrdse sammuga silindrilist kruvijoont.

Kooniline kruvijoone tekib punkti ühtlasel liikumisel piki koonuse moodustajat, kui koonus samal ajal pöörleb püsiva kiirusega oma telje ümber.

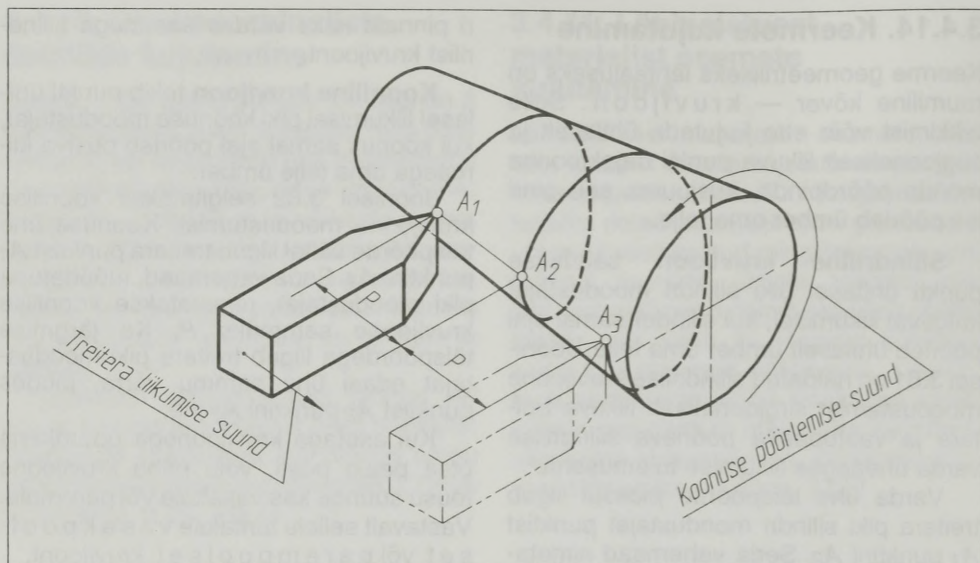
Joonisel 3.62 selgitatakse koonilise kruvijoone moodustumist. Koonuse ühe täispöörde vältel liigub treitera punktist A_1 punktini A_2 . Seda vahemaad, mõõdetuna piki moodustajat, nimetatakse koonilise kruvijoone sammuks P . Ka järgmise täispöördega liigub treitera piki moodustajat edasi ühe sammu võrra, jõudes punktist A_2 punktini A_3 jne.

Kui asetada kruvijoonega pöördkeha otsa peale püsti, võib näha kruvijoone tõusu suunda kas vasakule või paremale. Vastavalt sellele tuntakse *vasakpoolset* või *parempoolset* kruvijoont.

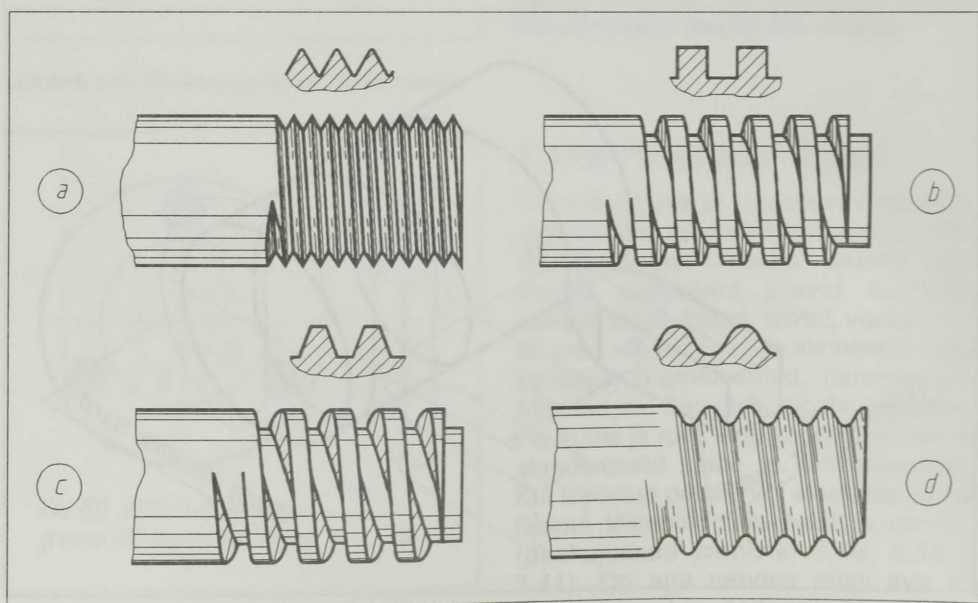
Keere tekib mingi tasapinnalise kujundi (kolmnurk, ruut, trapets jt.) liikumisel mööda silindrilist või koonilist kruvijoont, kui kujundi üks külg toetub vastu silindri või koonuse moodustajat ja tema tasand



JOONIS 3.61. Silindrilise kruvijoone moodustumine



JONIS 3.62. Koonilise kruijoone moodustumine



JONIS 3.63. Keermete liike: a — kolmnurkkeere; b — ruutkeere; c — trapetskeere; d — ümarkeere

läbib kogu liikumise jooksul vastava pöördkeha telge. Kui pöördkeha kujutada koos temal tekkinud keermeniidiga jäiga tervikkehana, siis saame üldises mõttes keermega kruvi. Kruvi telgjoonest kõige rohkem eemal olevat keermeniiidi ala nimetatakse harjaks, kahe niidi vahelist nõgu — põhjaks.

Olenevalt keermeniiiti moodustanud tasapinnalise kujundi liigist eristatakse järgmise profiiliga keermeid (joon. 3.63):

- a*—kolmnurkkeere, kui keermeprofiiliks on kolmnurk;
- b*—ruutkeere, kui keermeprofiiliks on ruut
- c*—trapetskeere, kui keermeprofiiliks on trapets;
- d*—ümarkeere, kui keermeprofiiliks on poolring.

Keeret nimetatakse ühekäiguliseks, kui kruvi liigub mutri sisse pööramisel ühe täisringiga telgsuunas edasi ühe sammu võrra. Niisugusel keermel on keermekäik P_h võrdne keermesammuga P . Joonisel 3.63 on kõik keermed ühekäigulised.

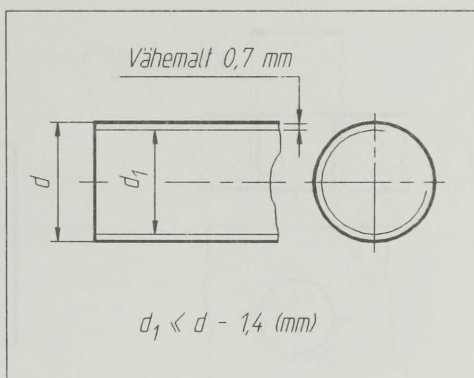
Mitmekäigulistel keermetel on mitu keermeniiiti ja nende tõus on ühekäigulistega võrreldes suurem. Seepärast liigub kahekäigulise keermega kruvi ühe täispöörde jooksul edasi kahe sammu võrra ($P_h = 2P$), kolmekäiguline — kolme sammu võrra ($P_h = 3P$).

Välis- ja sisekeermeprojektamine.

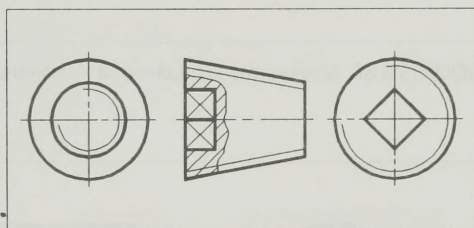
Kõiki keermeliike kujutatakse ISO 6410:1981 (E) järgi joonisel tinglikult. Nende projektioonilisel täpse kuju üksikasjalik väljajoonestamine oleks tülikas ja aeganõudev töö.

Varda pinnale lõigatud keere on väliskeere, näiteks poltide kodaratel jne. Keermestatud avadel on sisekeere, näiteks mutritel, tikkpoldi avadel jne.

Joonisel kujutatakse nii välis- kui sisekeermepõhjajooned pideva jämejoonega. Kui keermega detail on kujutatud veel otsast vaadatuna, tähistab keermepõhja pideva jämejoonega tõmmatud ringjoon, keermepõhja aga 3/4 ringjoone ulatuses



JOONIS 3.64. Silindriline väliskeere



JOONIS 3.65. Kooniline väliskeere

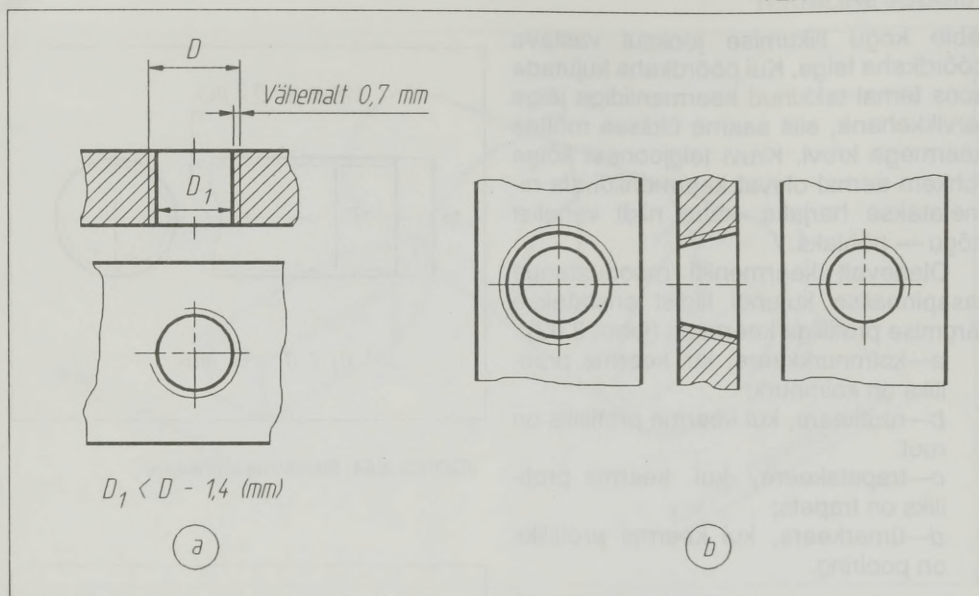
tõmmatud pidev peenjoon. Viimane ei pea algama ja lõppema just telgjoonel.

Joonisel 3.64 on kujutatud kahes vaates silindrilise väliskeermeprojektatsioon. Joonisel 3.65 on toodud koonilise väliskeermeprojektatsiooni peaprojektatsioon koos vaadetega kahelt poolt otsast.

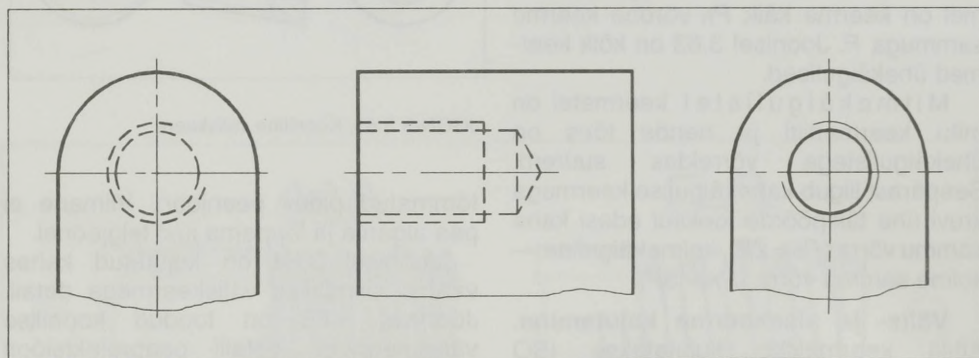
Joonisel 3.66, *a* näidatud silindrilise keermestatud ava piki telge läbivas lõikes ja telgjoone-suunalises vaates. Joonisel 3.66, *b* kujutatud lõikes koonilise sisekeermeprojektatsiooni koos vaadetega telje suunas augu mõlemast otsast.

Kui keere on antud lõikes, tõmmatakse viirutusjooned üle põhjasid tähistava peenjoone vastu jämeda joonega näidatud keermepõhja (joon. 3.66, *a* ja *b*; joon. 3.69).

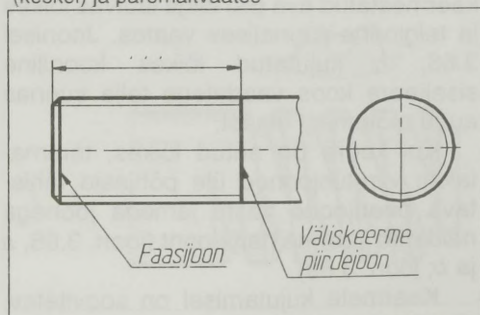
Keermeprojektatsiooni on soovitatav, et sise- ja välislõikevahelisele vastavate



JOONIS 3.66. Sisekeermee kujutamine: a — silindriline sisekeere; b — kooniline sisekeere

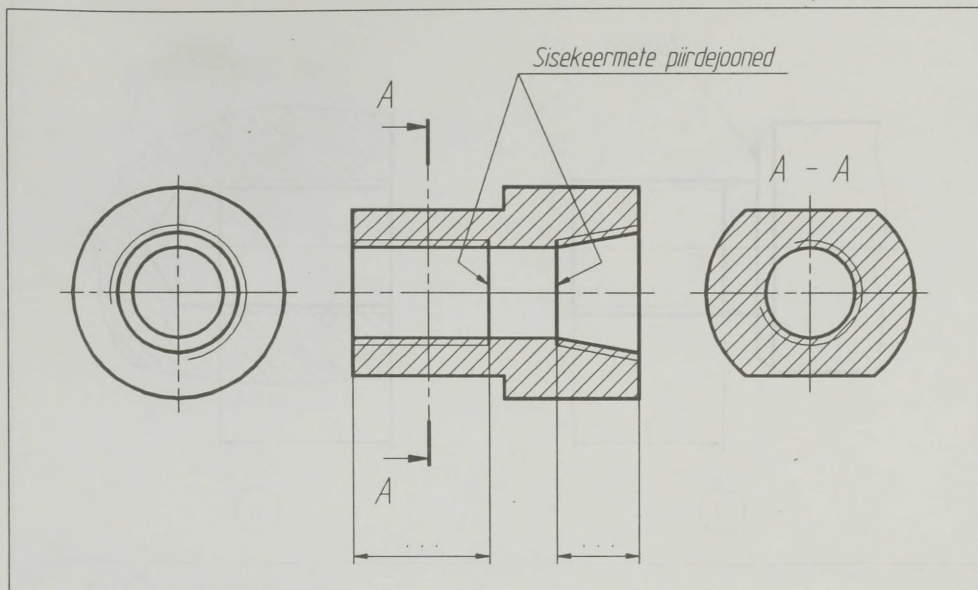


☆ JOONIS 3.67. Varjatud sisekeere: peakujutises (keskel) ja paremalvaates



JOONIS 3.68.

joonte vahekaugus oleks võimalikult lähedane keermee profiili tegelikule kõrgusele. Väiksemate keermete puhul ei tohiks see vahe siiski vähem olla kui 0,7 mm (joon. 3.64 ja 3.66, a). Varjatud sisekeermee harju ja põhju tähistab ühesuguse jämedusega kriipsjoon (joon. 3.67).



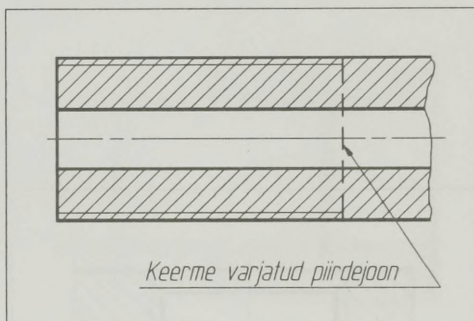
JOONIS 3.69.

Kui vardale või avasse lõigatakse keere ainult teatud ulatuses, tulevad keerme lõpuniidid (keerme väljajooks) kuni lõiket-
era väljumiseni materjalist täisprofiiliga
võrreldes järk-järgult madalamad. Joon-
isel näidatakse täisprofiiliga keermenii-
tide lõpus keerme piirdejoon. Vä-
liskeerme puhul tõmmatakse see
pideva jämejoonena vastu harjajooni
(joon. 3.68), sisekeerme puhul aga üle
harjajooni kuni peenjoonega tähistatud
põhjajooneni (joon. 3.69).

Kui keerme piirdejoon on varjatud,
märgitakse see kriipsjoonega (joon.
3.70).

Väli- ja sisekeerme pikkus antakse
tavaliselt keerme väljajooksu arvesta-
mata (joon. 3.68 ja 3.69). Tarvitude korral
näidatakse joonisel keerme väljajooks
pidevate peente kaldjoontega (joon. 3.71,
a ja b).

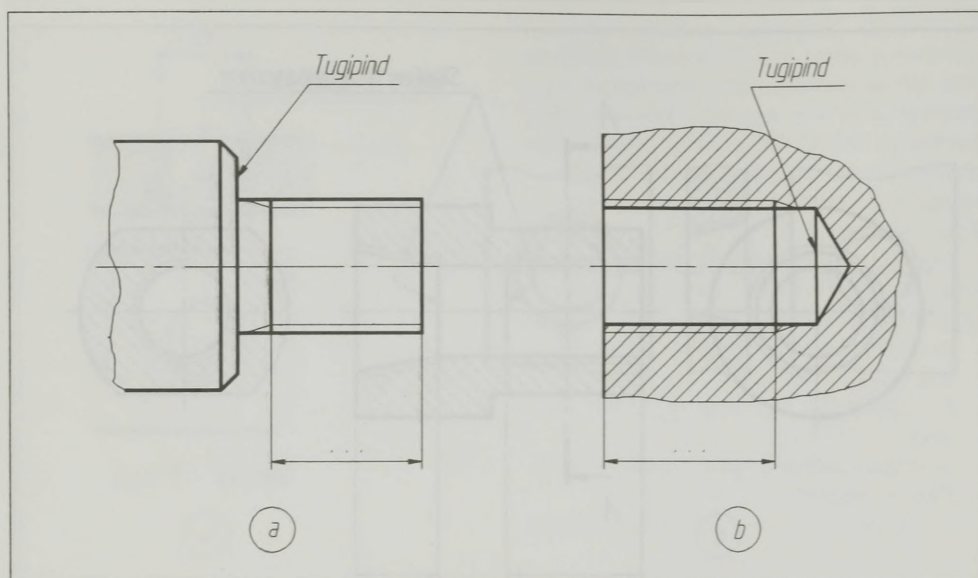
Ka vastu tugipinda lõigatud keermel
on lõpuniidid mittetäisprofiiliga. Niisugust
keeret kujutatakse joonisel 3.71, a ja b
antud viisil.



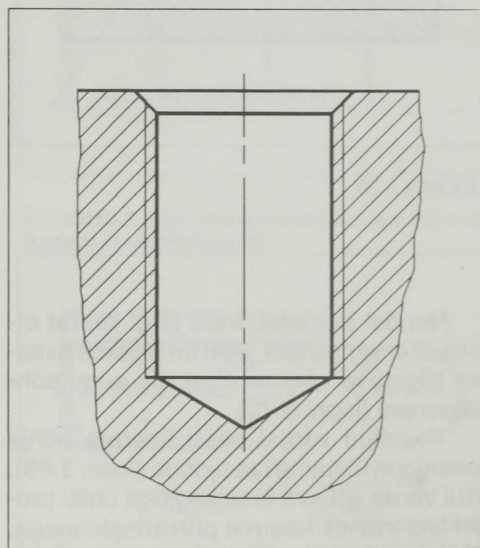
JOONIS 3.70.

Nendel joonistel, mille järgi keeret ot-
seselt ei valmistata, võib umbsesse avas-
se lõigatava keerme lõpp viia augu põh-
jajooneni (joon. 3.72).

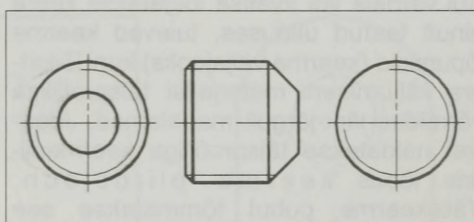
Faasitud vardal peab keerme põhja
peenjoon ületama faasijoone (joon. 3.68).
Kui varda või ava faasiringjoon ühtib pro-
jektsiooniliselt keerme põhjaringjoonega,
jäetakse faasiringjoon tõmbamata (joon.
3.73 ja 3.74).



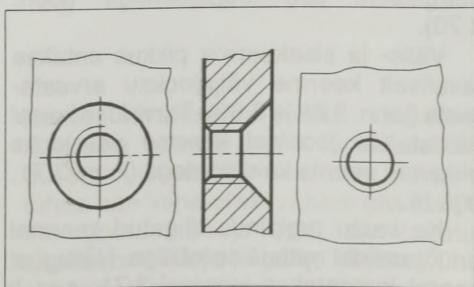
JOONIS 3.71.



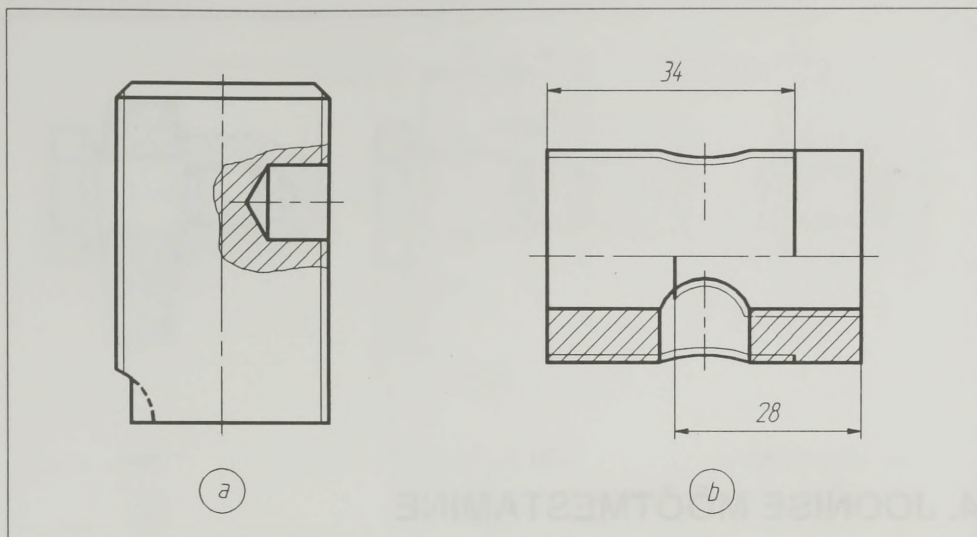
JOONIS 3.72.



JOONIS 3.73. Faasi kujutamine vardal



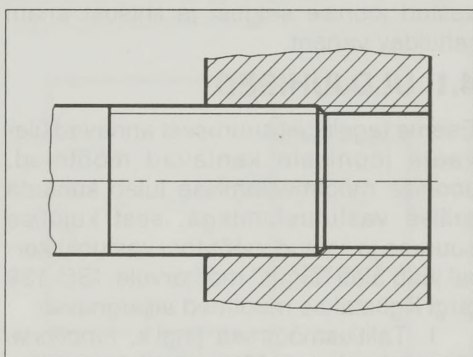
JOONIS 3.74. Faasi kujutamine avadel



JOONIS 3.75. Keerme kujutamine avade ja sälkude kohal: *a* — keermejoone katkestamisega; *b* — keermejoone näitamisega tervikuna

Avade ja sälkude kohal keerme piirdejoont üldjuhul ei joonestata (joon. 3.75, *a*). Kui keerme kujutamine niisuguses piirkonnas on tingimata vajalik, siis tehakse seda joonise 3.75, *b* eeskujul.

Kui sise- ja väliskeermega detailid moodustavad liite, näidatakse sisekeeret ainult selles ulatuses, mis on väliskeermega detaili poolt katmata (joon. 3.76).



JOONIS 3.76. Keermesliite kujutamine

4. JOONISE MÕÖTMESTAMINE

Käesolevas peatükis on põhiliselt tuginetud standarditele ISO 129:1985, OCT 2.307—68 ja CT CЭB 1976—79. Neis standardeis nõuete erinevuse korral on valitud joonise selgust ja lihtsust enam rahuldav variant.

4.1. ÜLDJUHISED

Eseme tegelikust suurusel annavad ülevaate joonisele kantavad mõõtmed. Joonise mõõtmestamisse tuleb suhtuda erilise vastutustundega, sest kujutise suuruse ja lisatud mõõtarvu vastuolu korral jääb alati "õigus" mõõtarvule. ISO 129 järgi liigitatakse mõõtmed alljärgnevalt.

1. Talitlusmõõtmed (ingl.k. *functional dimensions*) — mõõtmed, mis on olulise tähtsusega detaili või selle osa funktsioneerimise seisukohalt (vt. "F" joonisel 4.1).

2. Talitlusvabad mõõtmed (ingl.k. *non-functional dimensions*) — mõõtmed, mis ei ole olulised funktsioneerimise seisukohalt (vt. "NF" joonisel 4.1).

Eelnimetatud mõõtmed on tarvilikud ja piisavad toote valmistamiseks ja kuuluvad kontrollimisele.

3. Teatmemõõtmed (ingl.k. *auxiliary dimensions*) — mõõtmed, mis on antud vaid informatsiooniks. Neid ei rakendata detaili valmistamisel ja kontrollimisel ning

nad tulenevad teistest, joonisel või sellele lisatud dokumentides (kirjanurgas, tükitaabelis vm.) esitatud mõõtmetest. Teatmemõõde paigutatakse sulgudesse ja tavaliselt temale ei lisata tolerantse (vt. "AUX" joonisel 4.1).

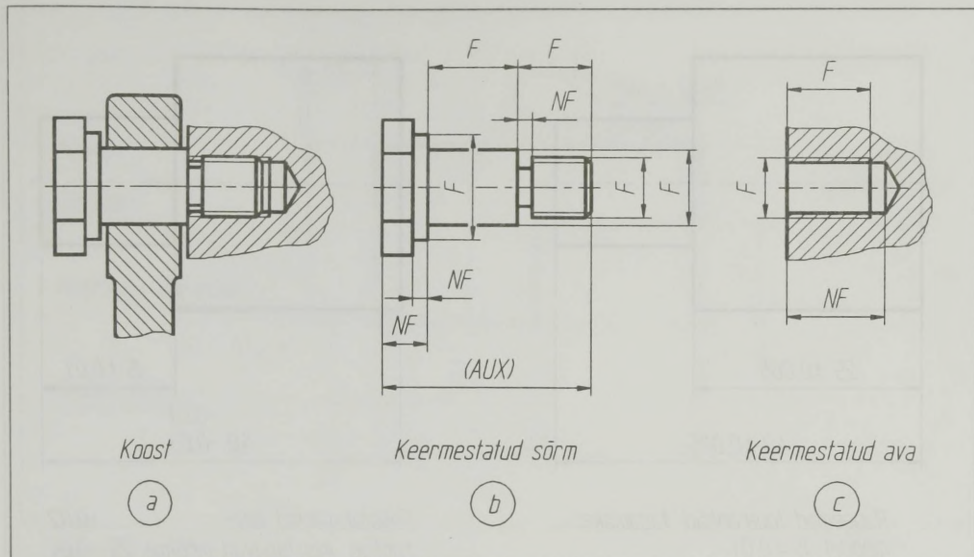
Kogu detaili geomeetrilise kuju määramiseks vajalik informatsioon tuleb esitada vahetult joonisel, välja arvatud see teave, mis on esitatud lisatud dokumentatsioonis.

Iga kujuelement (*feature*) mõõtmestatakse joonisel ainult üks kord. Mõõtmed paigutatakse sellele vaatele või lõikele, mis kõige selgemini kujutab vastavat elementi.

Igal joonisel tuleb kasutada kõigi mõõtmete jaoks sama mõõtühikut (milimeeter), ilma ühikut lisamata. Väärtimõistmise vältimiseks võib joonisel enamkasutatud ühiku esitada kirjanurgas või märkustes. Kui joonisel on vaja näidata teisi mõõtühikuid (näiteks N·m momendi või kPa surve puhul), siis esitatakse ühiku tähis vastava arvnaidu järel.

Joonisel ei näidata rohkem mõõtmeid kui on vajalik detaili üheseks määramiseks. Iga element mõõtmestatakse mistahes suunas mitte rohkem kui ühe mõõtme. Erandi võib siiski teha:

a) kui vahepealsetes valmistamis-



JOONIS 4.1.

staadiumides on vaja anda täiendavaid mõõtmeid (näiteks detaili mõõde enne tsementiitumist või lõppviimistlust);

b) kui osutub kasulikuks lisada teatmemõõde.

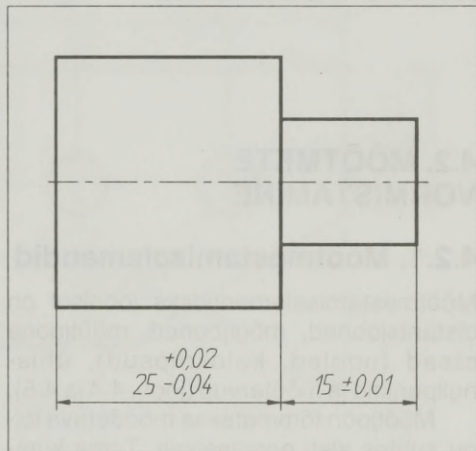
Valmistamis- ja kontrollimisviisi ei määratleta, kui see pole just oluline kindlustamiseks detaili rahuldavat funktsioneerimist ja vahetatavust.

Iga antud joonise järgi töödeldava mõõtme kohta peab olema võimalik kindlaks teha lubatavad alam- ja ülempiirid. Näiteks, joonisel 4.2 esitatud mõõtme

+ 0,02

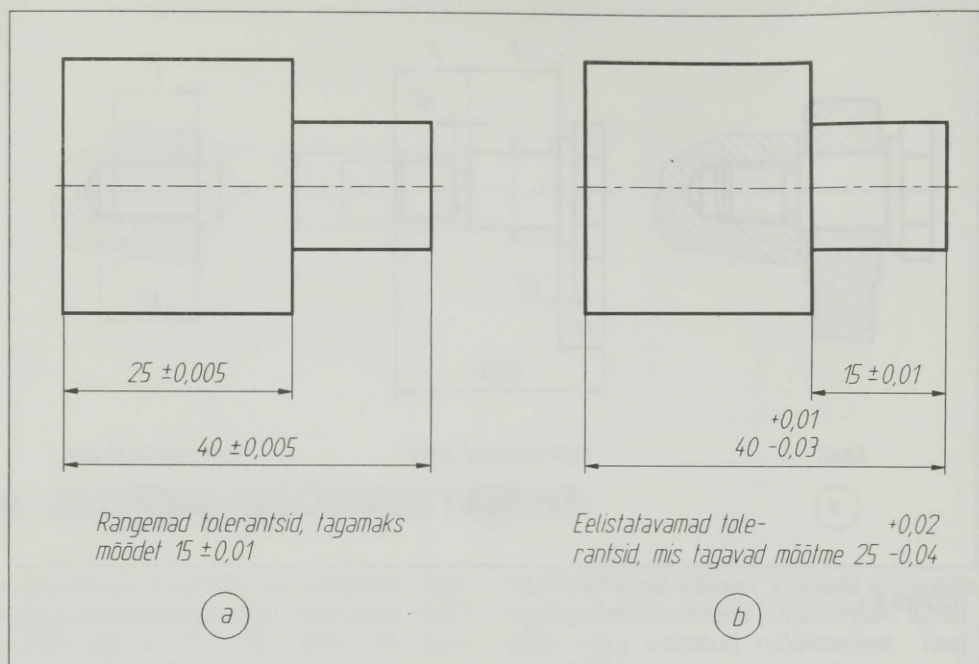
25 - 0,04 korral on: 25 — nimimõõde; +0,02 — ülemine piirhälve; -0,04 — alumine piirhälve; 25 + 0,02 = 25,02 — suurim piirmõõde; 25 - 0,04 = 24,96 — vähim piirmõõde; 25,02 - 24,96 = +0,02 - (-0,04) = 0,06 — tolerants. Piirhälvete märkimist on lähemalt tutvustatud 5-ndas peatükis, siin piirdume põhiliselt nimi-mõõtmete märkimisega joonisele.

Talitlismõõtmel tuleks võimaluse korral joonisel näidata vahetult (joon. 4.2).



JOONIS 4.2. Otsesed talitlismõõtmel

Mõnikord peetakse vajalikuks anda talitlismõõtmel kaudselt. Sel juhul tuleb jälgida, et talitlismõõtmete tolerantsid säiliks. Joonis 4.3 näitab kaudset mõõtmestamist, kusjuures joonise 4.2 tolerantsinõuded on täidetud.



JOONIS 4.3. Kaudne talitlusmõõde

4.2. MÕÕTMETE VORMISTAMINE

4.2.1. Mõõtmestamiselemendid

Mõõtmestamiselementideks joonisel on distantsjooned, mõõtjooned, mõõtjoone otsad (nooled, kaldkriipsud), ühis-nullpunktid ja mõõtavarud (joon. 4.4 ja 4.5).

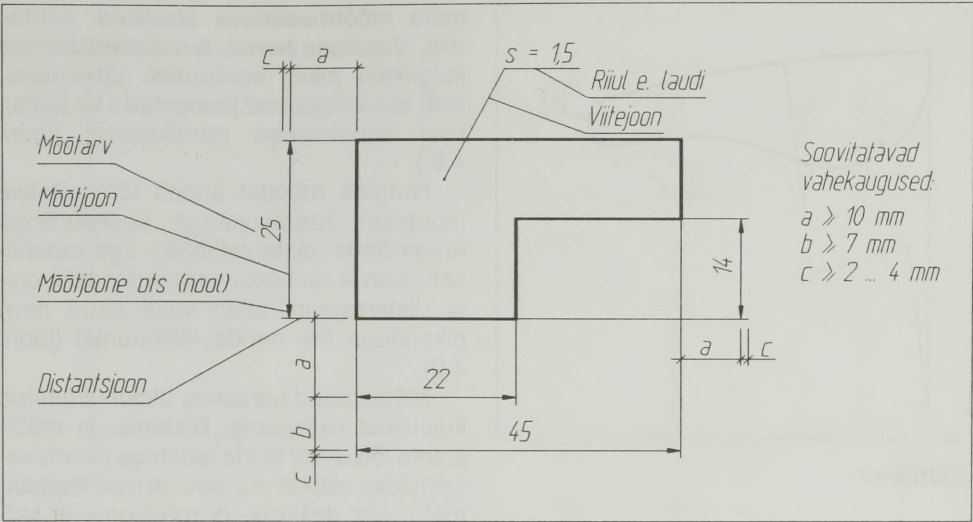
Mõõtjoon tõmmatakse mõõdetava löigu suhtes alati paralleelselt. Tema kummaski otsas on nooled, mis toetuvad risti vastu distants- või kontuurjooni. Noolte lubatavad kujud on esitatud joonisel 4.6. Ühel joonisel tuleb kasutada vaid sama kujuga nooli. Kui on piisavalt ruumi, paigutatakse nooled mõõtjoone piiridesse. Ruumpuudusel võib nooled paigutada ka mõõtjoone pikendusele, väljaspoole distantsjooni. Mõõdet määravad nooled on orienteeritud omavahel vastassuunas.

Kui noolte paigutamiseks pole piisavalt ruumi, võib nad asendada 45° kaldega kaldkriipsu või punktiga (joon. 4.5).

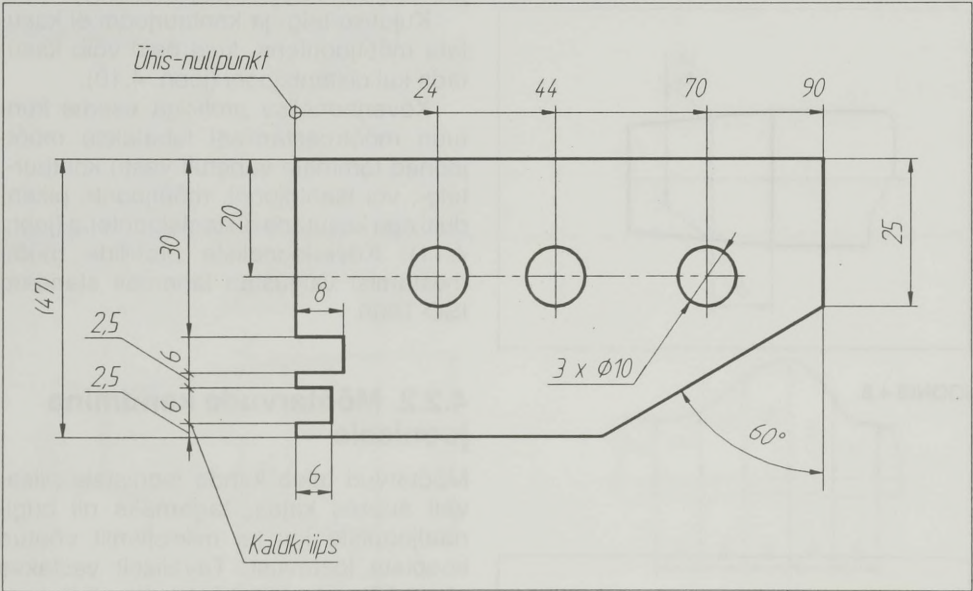
Noolte ja kaldkriipsude suurused peavad olema proportsionaalsed joonise suurusga, kuid mitte suuremad kui joonise lugemiseks vajalik. Ühis-nullpunkti tähiseks (joon. 4.5) on ringjoon läbimõõduga umbes 3 mm.

Kaare mõõtmestamisel raadiusega kasutatakse vaid ühte mõõtjoone lõpus ringjoonele toetuvat noolt (joon. 4.7). Sõltuvalt elemendi suuruselt võib nool asetseada nii sees kui väljaspool kontuurjoont (või distantsjoont).

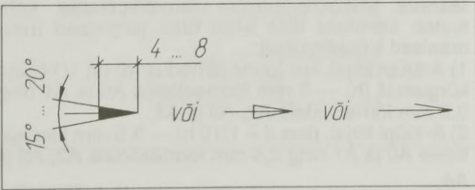
Distants-, mõõt- ja viitejooned kujutatakse pideva peenjoonega (1/3...1/2 kontuurjoone jämedusest) ning nendevahelised kaugused a , b , ja c on esitatud joonisel 4.4. Distantsjooned tuleb tõm-



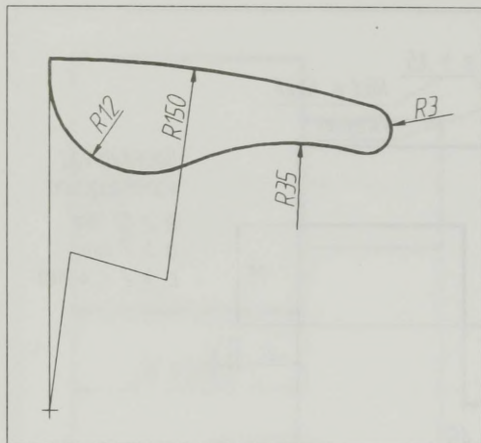
JOONIS 4.4.



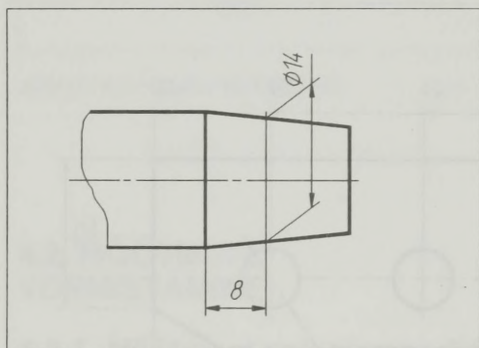
JOONIS 4.5.



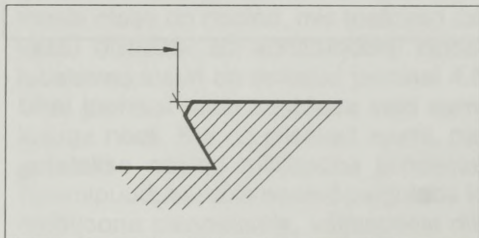
JOONIS 4.6.



JOONIS 4.7.



JOONIS 4.8.



JOONIS 4.9.

mata mõõtmestatava elemendi suhtes risti. Vajaduse korral, kui distantsooned kulgeksid pikalt kontuuride läheduses, võib distantsooned joonestada ka kaldu, kuid teineteisega paralleelsed (joon. 4.8.).

Nurgale mõõdet andes tõmmatakse mõõtjoon kaarekujuliselt keskpunktiga nurga tipus, distantsooned aga radiaalselt (joon. 4.5). Lõikuvaid konstruktsiooni- ja distantsooni tuleb veidi (2...4 mm) pikendada üle nende lõikepunkti (joon. 4.9).

Mõõtjooned kantakse üldjuhul eseme kujutisest väljapoole. Distant- ja mõõtjoonte lõikumist teiste joontega ja omavahel tuleks vältida. Kui see on mõõdapääsmatu, siis distant- ja mõõtjooni ei katkestata. Lühemad mõõtjooned paigutatakse kujutisele ligemale, pikemad aga järk-järgult kaugemale (joon. 4.10).

Kujutise telg- ja kontuurjooni ei kasutata mõõtjoontena, kuid neid võib kasutada kui distantsooni (joon. 4.10).

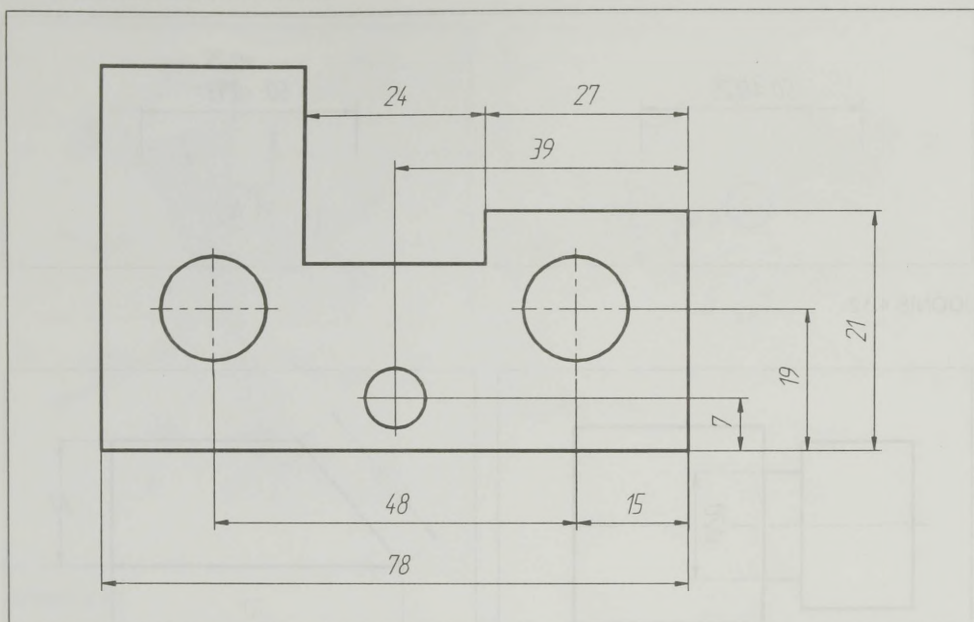
Kõverjoonelise profiiliga eseme kontuuri mõõtmestamisel lubatakse mõõtjooned tõmmata vahetult vastu kontuur-, telg-, või tsentrijoont, mõõtjoonte pikendusi aga kasutada distantsoontena (joon. 4.11). Kõverjooneliste profiilide mõõtmestamist valgustab lähemalt standard ISO 1660.

4.2.2. Mõõtarvude kandmine joonisele

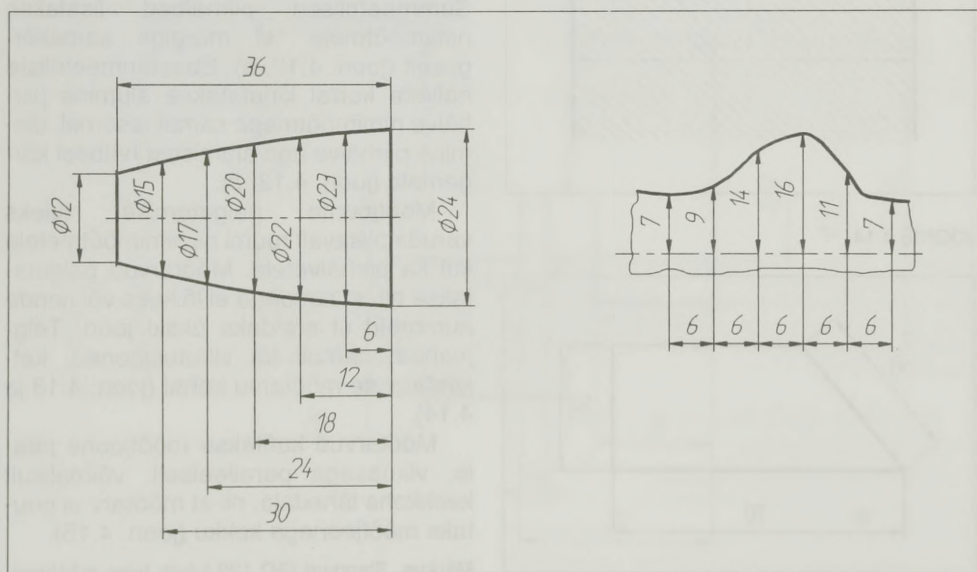
Mõõtarvud tuleb kanda joonistele piisavalt suures kirjas, tagamaks nii originaaljooniste kui ka mikrofilmilt võetud koopiate loetavust. Tavaliselt valitakse nimimõõtmete kirjakõrguseks 3,5 mm, harvemini 5 mm.

Märkus. Mikrokopeerimise võimaldamiseks kehtestab standard ISO 6428:1982 järgmised minimaalsed kirjakõrgused:

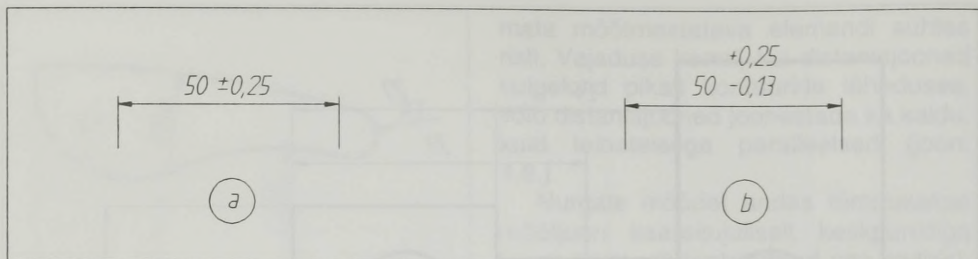
- 1) A-tüüpi kirjal, kus joone jämedus (d) on $1/14$ kirja kõrgusest (h) — 5 mm formaatidele A0 ja A1 ning 3,5 mm formaatidele A2, A3 ja A4;
- 2) B-tüüpi kirjal, (kus $d = 1/10 h$) — 3,5 mm formaatidele A0 ja A1 ning 2,5 mm formaatidele A2, A3 ja A4.



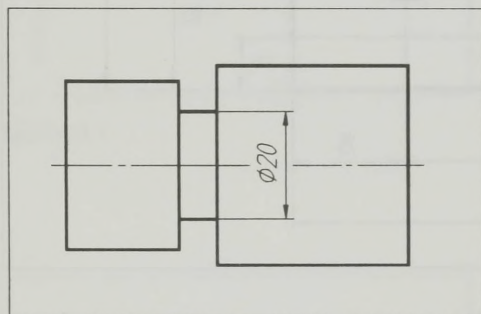
JOONIS 4.10.



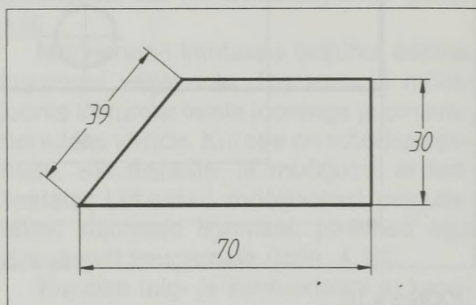
JOONIS 4.11.



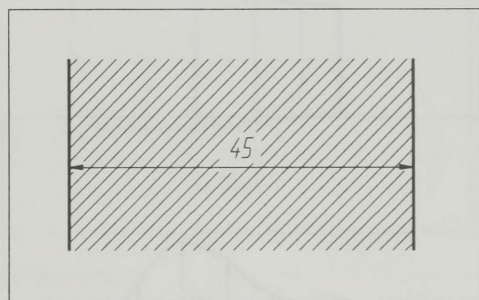
JOONIS 4.12.



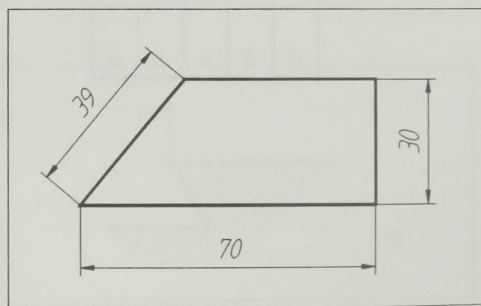
JOONIS 4.13.



JOONIS 4.16.



JOONIS 4.14.



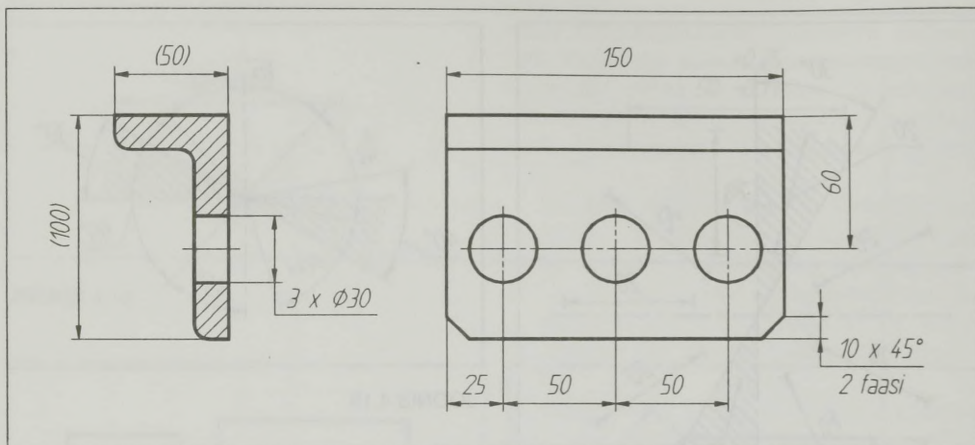
JOONIS 4.15.

Sümmeetrilised piirhälbed lisatakse nimimõõtmele “ \pm ” märgiga samakõrguselt (joon. 4.12, a). Ebasümmeetriliste hälvete korral kirjutatakse alumine piirhälve nimimõõtmega samal tasemel, ülemine piirhälve aga alumisest hälbest kõrgemale (joon. 4.12, b).

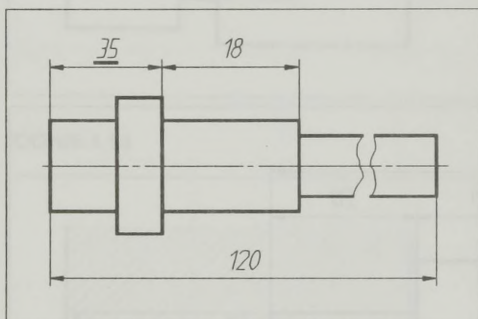
Mõõtjoonte paigutamisel tuleks varuda piisavalt ruumi nii nimimõõtmetele kui ka piirhälvetele. Mõõtarvud paigutatakse nii, et nendega ei lõikuks või nende numbraid ei eraldaks ükski joon. Telgjooned, samuti ka viirutusjooned, katkestatakse mõõtarvu kohal (joon. 4.13 ja 4.14).

Mõõtarvud kantakse mõõtjoone peale, viimasega paralleelselt, võimalikult keskkohta lähedale, nii et mõõtarv ei puutuks mõõtjoonega kokku (joon. 4.15).

Märkus. Standard ISO 129 lubab teise mõõtmistamismeetodina kald- ja vertikaalsete mõõtjoonte korral viimaseid keskkohta lähedal katkestada ning



JOONIS 4.20.



JOONIS 4.21.

paigutada sinna horisontaalses kirjas mõõtavar (joon. 4.16). Hooolimata joonise mõnevõrra paremast loetavusest peame sellist mõõtmestamisviisi siiski tülilikaks ning vähepaindlikuks, eriti kui on vaja märkida piirhälbeid või kui on tarvis joonises teha muudatusi.

Kui sirge mõõtjoon satub oma kalde poolest viirutusega näidatud "ebamugavasse" sektorisse (joon. 4.17), kirjutatakse mõõtavar viitejoone rõhtsale laudile. Samuti toimitakse nurgamõõtmetega, kui viirutusega näidatud sektorisse satub nurga mõõtjoone keskkoh (joon. 4.18).

Kirjanurga teksti suhtes paralleelsed mõõtmel kirjutatakse horisontaalselt ja vertikaalsed mõõtmel paremalt vaadatuduna alt üles (4.19).

Mitme paralleelse mõõtjoone puhul on soovitatav paigutada mõõtavar malekorras. Üldjuhul on keelatud mõõtmel kanda joonisele suletud mõõtahelana (näiteks nii, et üksikute elementide pikkuste summa annaks gabariidimõõtme). Kui seda on siiski mingil põhjusel peetud vajalikuks, siis nn. liigne mõõde kui teatmemõõde, paigutatakse ümarsulgudesse (joon. 4.19). Teatmeline võib olla ka niisugune mõõde, mille põhjal antud joonise järgi pindu ei töödelda (joon. 4.20).

Kui joonisel on kõik mõõtmel teatmelised (näiteks koostejoonisel), võib sulgudest loobuda ja varustada joonise vastava selgitusega (näiteks "Teatmemõõtmel" või "Kõik mõõtmel teadmiseks" vm.).

Mõõtkavale mittevastava mõõtvaru alla tuleb tõmmata jäme kriips, välja arvatud katkestatud kujutise korral (joon. 4.21). Mõõtkavavälised mõõtmel võivad tuleneda vastava elemendi suuruse muutumisest juhul, kui kujutise ümber tegemine ei ole põhjendatud.

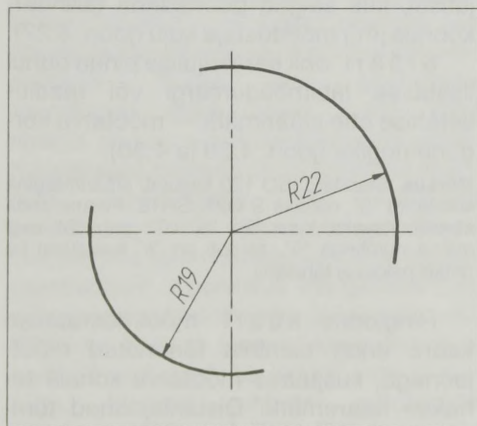
Kui joonisel on kujutatud sümmeetriline või katkestusega ese, võib tõmmata pooliku, ühe noolega mõõtjoone. See peab ulatuma sümmeetriateljest või detaili katkestusjoonest kaugemale (joon. 4.19, mõõtmed, $\varnothing 20$, $\varnothing 28$, $\varnothing 30$, $\varnothing 32$).

Mõõtarvu ette (juurde), kui see näitab mitme ühesuguse elemendi mõõdet, kirjutatakse elementide arv (näiteks $3 \times \varnothing 12$ või 3 ava $\varnothing 12$, vt. joon. 4.20).

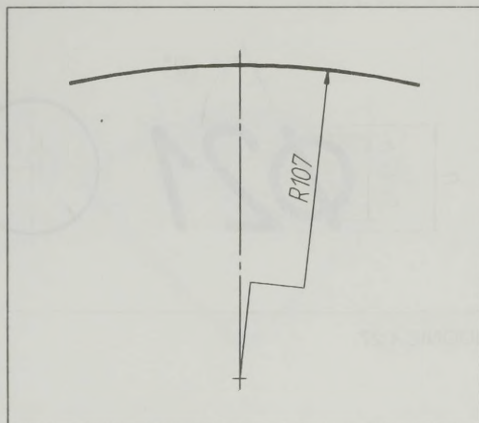
4.2.3. Kujumärgid ja tähised

Raadius tähistatakse suurtähega R , mis on ühekõrgune mõõtarvuga tema järel. Kui raadiuse abil mõõdet andes on vaja näidata ka kaare tsentri asukoht, siis kujutatakse viimast lõikuvate telgjoontega (joon. 4.22). Suure raadiuse puhul võib tsentri tinglikult kaarele lähemale tuua. Mõõtjoon tehakse sel juhul murdega (joon. 4.23).

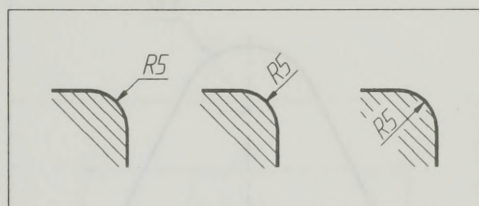
Ühest keskpunktist mitmele kaarele raadiusega mõõdet andes ei tohi kahe mõõtjoone suunad ühtida (joon. 4.22). Kui pole oluline näidata kaare tsentri asukohta, võib raadiuse mõõtjoone jätta tsentriini tõmbamata (joon. 4.7). Raadiuse mõõtjoon peab alati olema risti mõõdetava kaarjoone kujuteldava puutujaga.



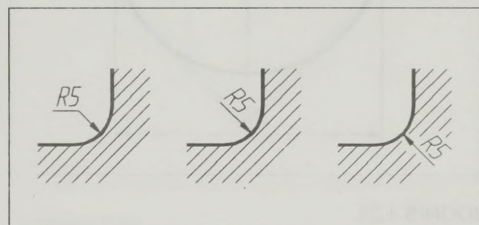
JOONIS 4.22.



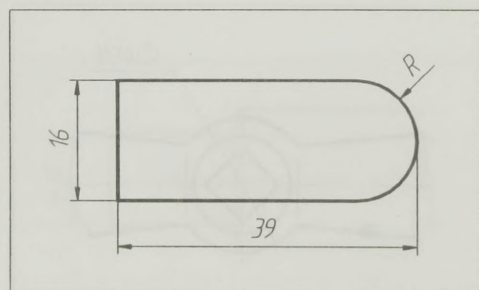
JOONIS 4.23.



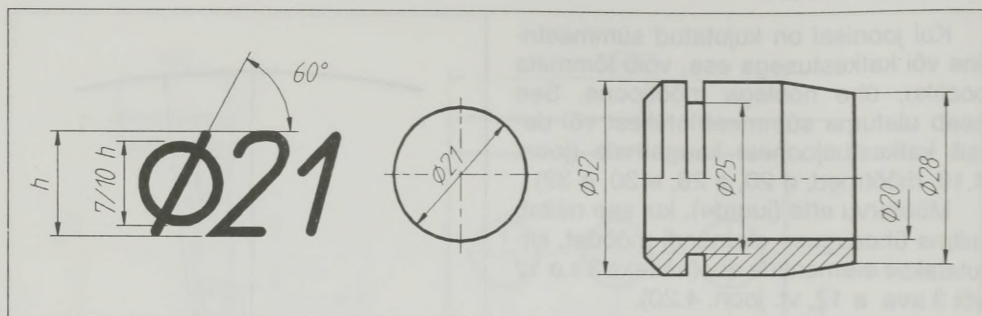
JOONIS 4.24.



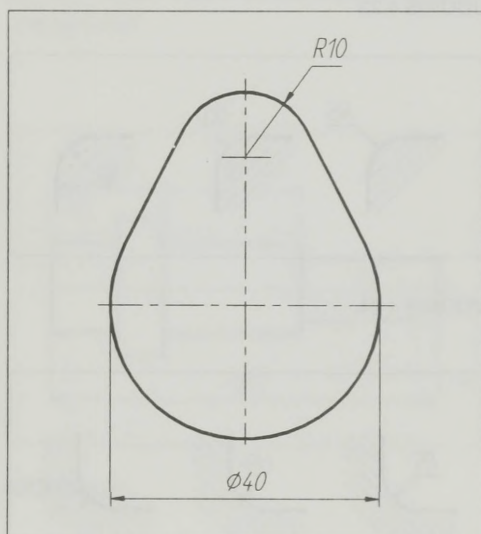
JOONIS 4.25.



JOONIS 4.26.



JOONIS 4.27.



JOONIS 4.28.

Raadiuste mõõtarvud tuleks kanda joonisele nii, et neid oleks mugavam lugeda. Joonisel 4.24 on toodud näiteid väliste ja joonisel 4.25 sisemiste ümardusraadiuste märkimise kohta. Kui raadiuse suurus on tuletatav teistest mõõtmetest, tuleb kirjutada tema tähiseks vaid R ilma mõõtarvuta (joon. 4.26).

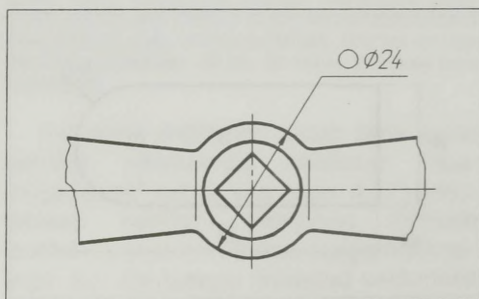
Ringi või pöördkeha läbimõõtu (diameetrit) näitava mõõtarvu ette panakse alati läbimõõdumärk (joon. 4.27). Kui ringjoonest on kujutatud vähem kui pool (s.t. kui läbimõõtu ei ole võimalik mõõta), antakse mõõde tavaliselt raadiusega, vastasel juhul — läbimõõduga (joon. 4.28).

Raadius märgitakse alati kaarjoonele, läbimõõtu on aga soovitatav näidata kujutisel, kus selgub pöördpinna (silinder, koonus jrn.) moodustaja kuju (joon. 4.27).

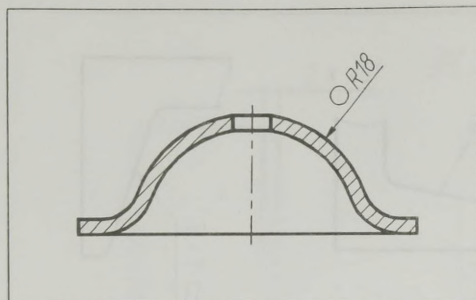
Sfääri ehk kerakujulise pinna puhul lisatakse läbimõõdumärgi või raadiusetähise ette sfäärimärk — mõõtarvu kõrgune ringike (joon. 4.29 ja 4.30).

Märkus. Standard ISO 129 kasutab sfäärimärgina suurtähte "S", näiteks S Ø25, SR18. Peame seda ebasoovitavaks, kuna täht "S" võib pahatihti segi minna numbriga "5", samuti on "s" kasutusel ka detaili paksuse tähisena.

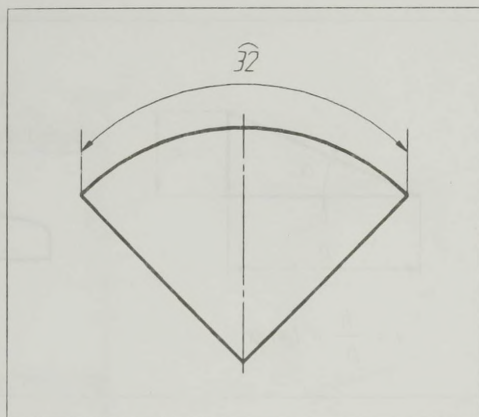
Ringjoone kaart mõõtmestatakse kaare enda tsentrist tõmmatud mõõtjoonega, kusjuures mõõtarvu kohale tehakse kaaremärk. Distsantsjooned tõmmatakse kaarele vastava nurga poolitajaga paralleelselt (joon. 4.31).



JOONIS 4.29.



JOONIS 4.30.



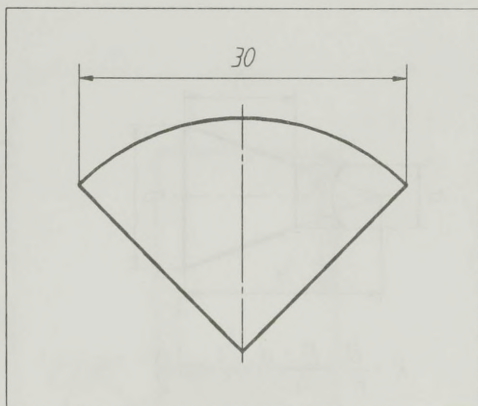
JOONIS 4.31.

Kõõlu pikkus antakse kaarele vastava kõõluga paralleelse mõõtjoone abil. Distsantsjooned on kujuteldava kõõluga risti ja lähtuvad tema otspunktidest (joon. 4.32).

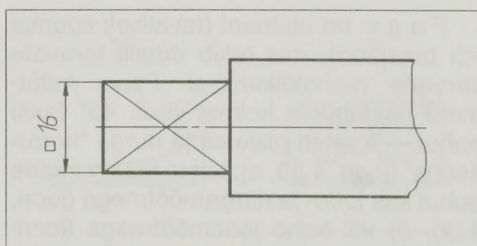
Ruudule võib mõõtmeid anda ruudumärgi abil ($1/2$ mõõtarvu kõrgusest või mõõtarvu kõrgune). Märk (joon. 4.33) näitab, et detaili prismaatilise osa ristlõige on ruudukujuline.

Kaldeks (*i*) nimetatakse kaldpinna kõrguse ja aluse suhet. Selle suhte ette kirjutatakse kalde märk (joon. 4.34). Märki tipp näitab kalde suunda. Andmed kalde kohta kirjutatakse viitejoone laudile, mis tõmmatakse kaldpinna alusega paralleelselt.

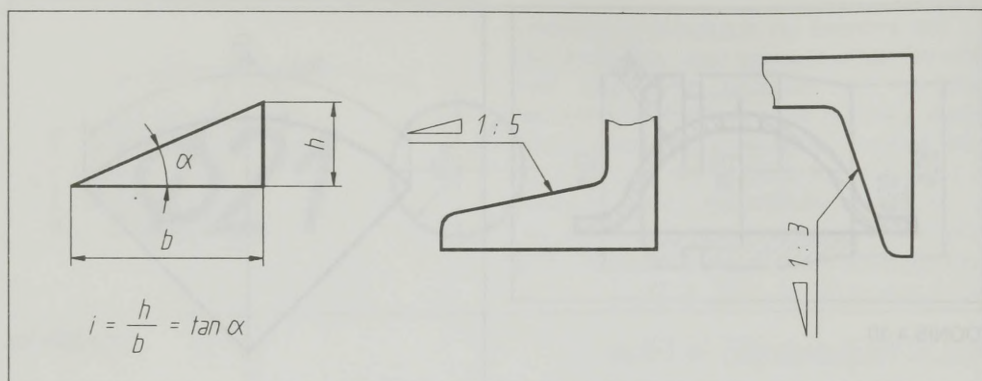
Koonilisuseks (*K*) nimetatakse koonuse põhja läbimõõdu ja kõrguse suhet. Tüvikoonuse korral avaldub see läbimõõdude vahe ja tüvikoonuse kõrguse suhtena. Suhte ette asetatakse koonilisuse märk (joon. 4.35), mille teravik on suunatud koonuse tipu poole. Koonilisuse märgiks on võrdhaarne kolmnurk tipunurgaga 30° . Andmed koonilisuse kohta kirjutatakse viitejoone laudile, mis tõmmatakse koonuse teljega paralleelselt. Koonilisus märgitakse vaid niisugustele koonilistele pindadele, mis töötavad koos ja peavad kindlustama tiheda ühenduse (näit. kraani kork ja korpus). Muudel juhtudel näidatakse koonuse mõõtmed läbimõõdude ja kõrguse abil (vahel ka tipunurga kaasabil).



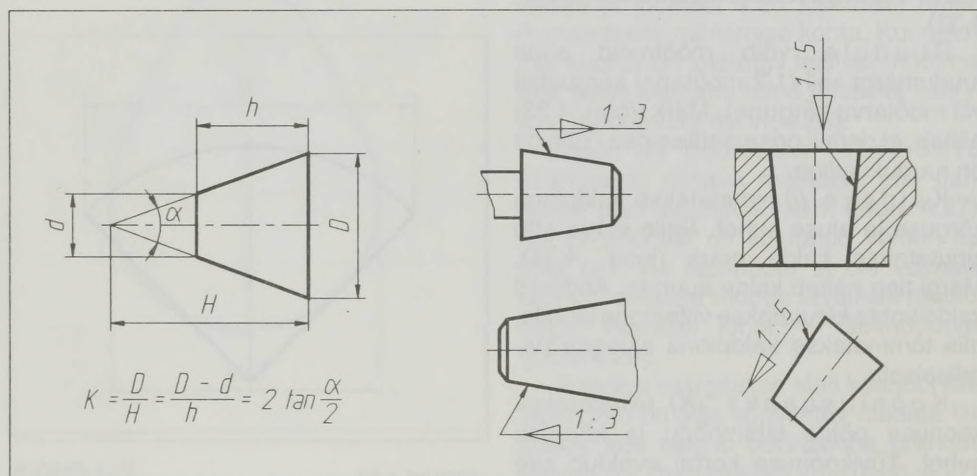
JOONIS 4.32.



JOONIS 4.33.



JOONIS 4.34.

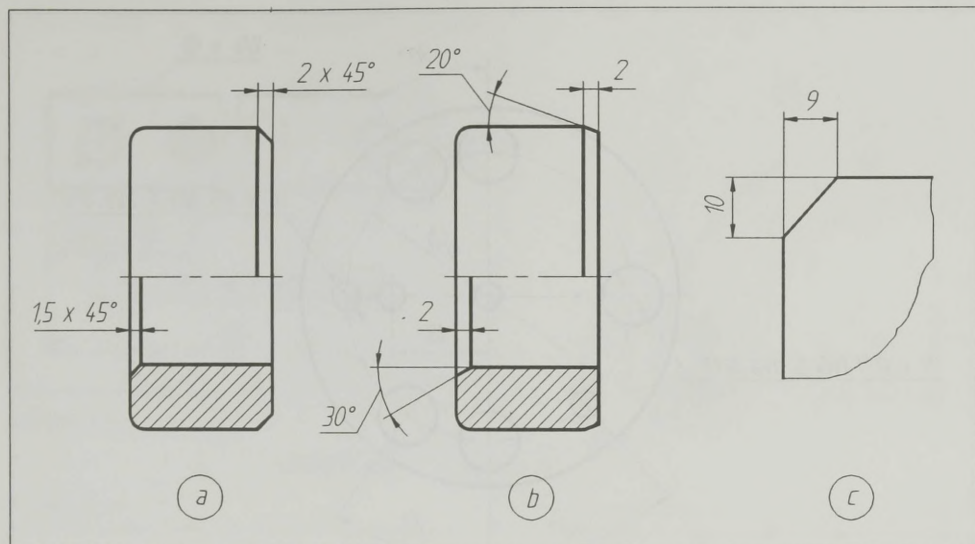


JOONIS 4.35.

F a a s on element (tavaliselt koonus või tasapind), mis tekib detaili teravate servade mahalõikamisel. Faasi mõõtmeid näidatakse kolmel viisil: 45° faasi puhul — kaateti pikkuse ja nurga "korru-tisena" (joon. 4.36, a); teiste faasinurkade puhul kas joon- ja nurgamõõtmega (joon. 4.36, b) või kahe joonmõõtmega (joon. 4.36, c).

Märkus. Standard ISO pakub 45° faasi märkimiseks ka joonisel 4.37 esitatud moodust.

Muutumatu ristlõikega detaili võib esitada ainult ühe kujutisega. Puuduv (joonise pinnaga risti olev) mõõde toote **pikkuse** või **paksuse** kohta antakse sel juhul viitejoone laudil, asetades mõõtarvu ette vastavalt kas l = või s = (joon. 4.38). Sümbolid l ja s on kasutatavad ka ilma võrdusmärgita.



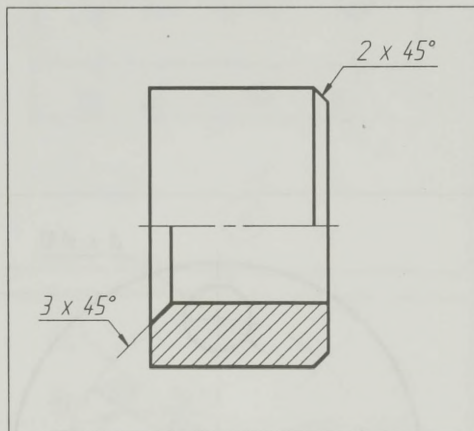
JOONIS 4.36.

4.2.4. Korduvad elemendid

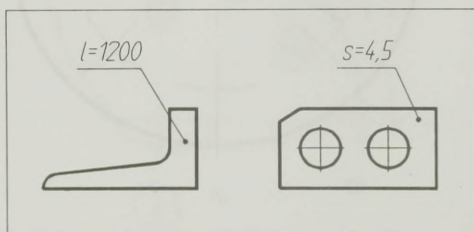
Korduvaiks elementideks võivad tootel olla ühesuguse kuju ja suurusega avad, faasid, süvised ja muud elemendid. Eseme korduvate elementide mõõtmed kantakse joonisele reeglina ainult üks kord. Seejuures näidatakse ära nende elementide arv (joon. 4.39). Kui korduvad elemendid (näiteks avad) jaotuvad ringjoonel ühtlaselt, märgitakse mõõde koos elementide arvuga ainult ühe juurde, paigutust nurgamõõtmete abil pole vaja näidata (joon. 4.40).

Korduvate elementide ühtlasel jaotumisel mööda sirg- või kaarjoont kirjutatakse paigutuse mõõtmed kahe kõrvuti oleva ja kahe äärmise elemendi vahele. Sel juhul tuuakse ära ka korduvate vahede ja korduvate elementide eneste arv (joon. 4.41 ja 4.42).

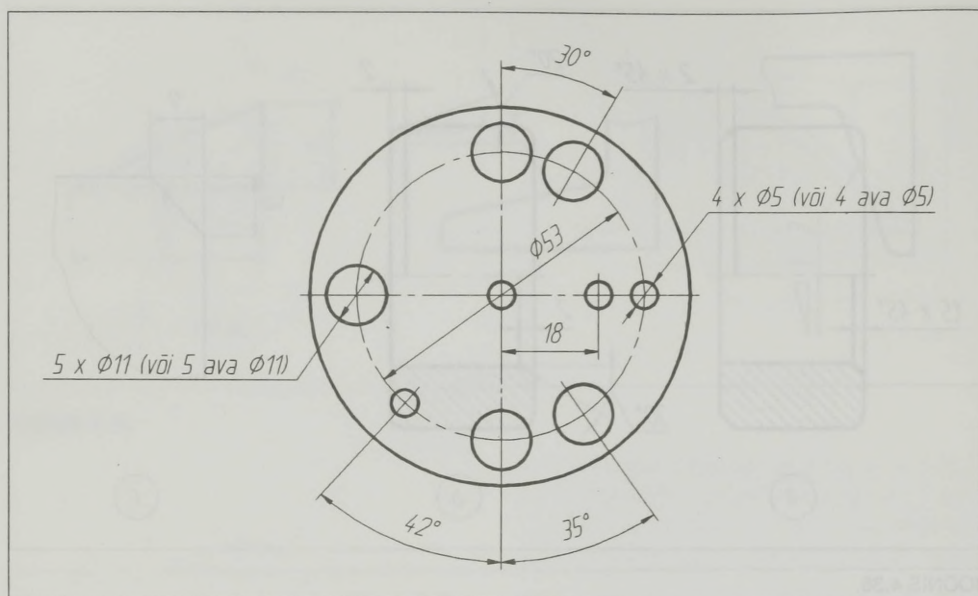
Suure arvu ühisest baasist lähtuvate joon- ja nurgamõõtmete korral tõmmatakse ühis-nullpunktist üksainus mõõtjoon, mille noole otsad toetuvad üksteise kannul vastu distantsjooni (joon. 4.43 ja 4.44). Seejuures mõõtjarvud võivad asetada kas vastava distantsjoonega kohakuti



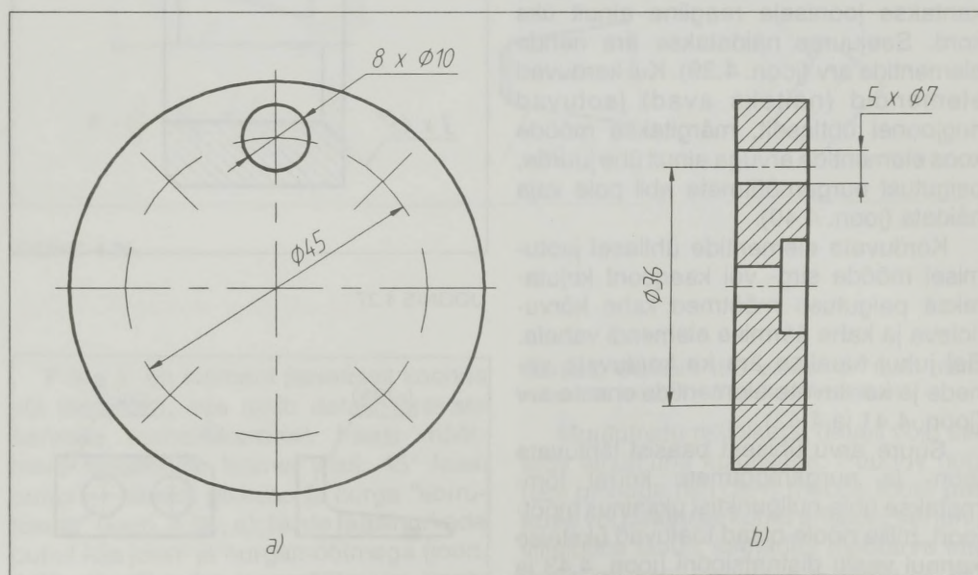
JOONIS 4.37.



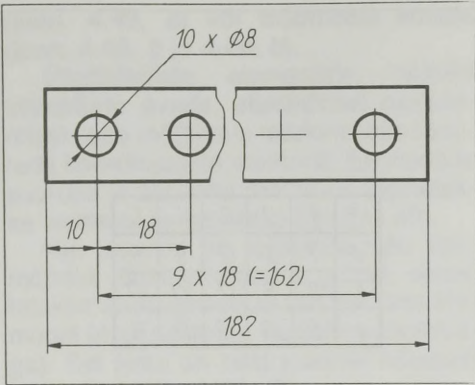
JOONIS 4.38.



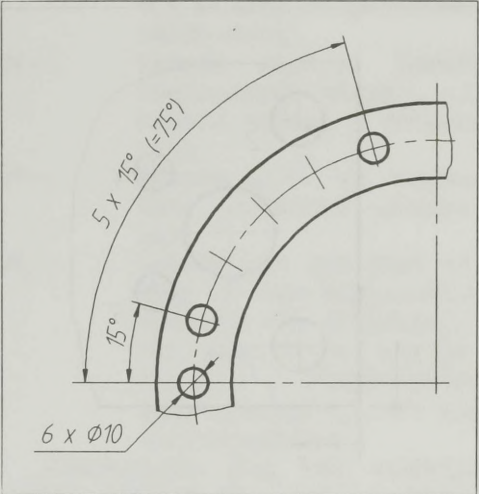
JOONIS 4.39.



JOONIS 4.40.

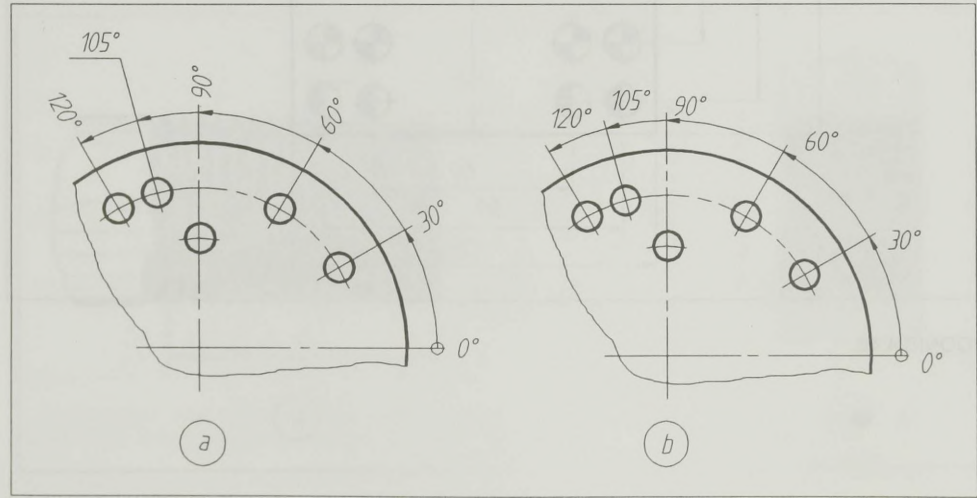
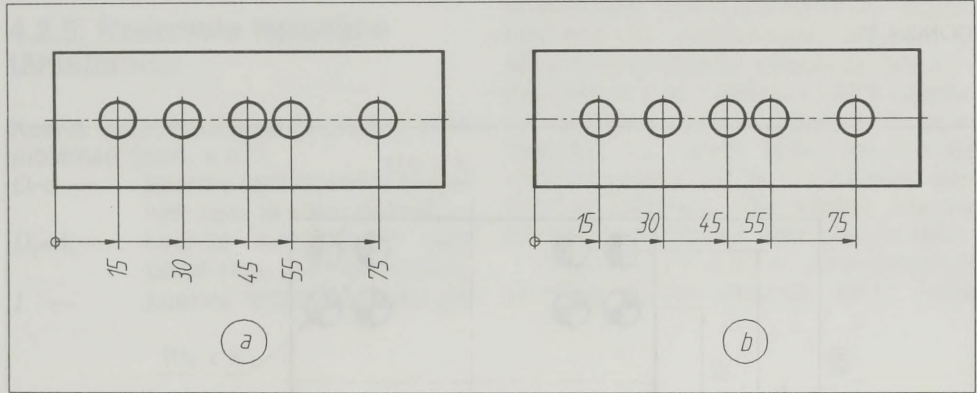


JOONIS 4.41.

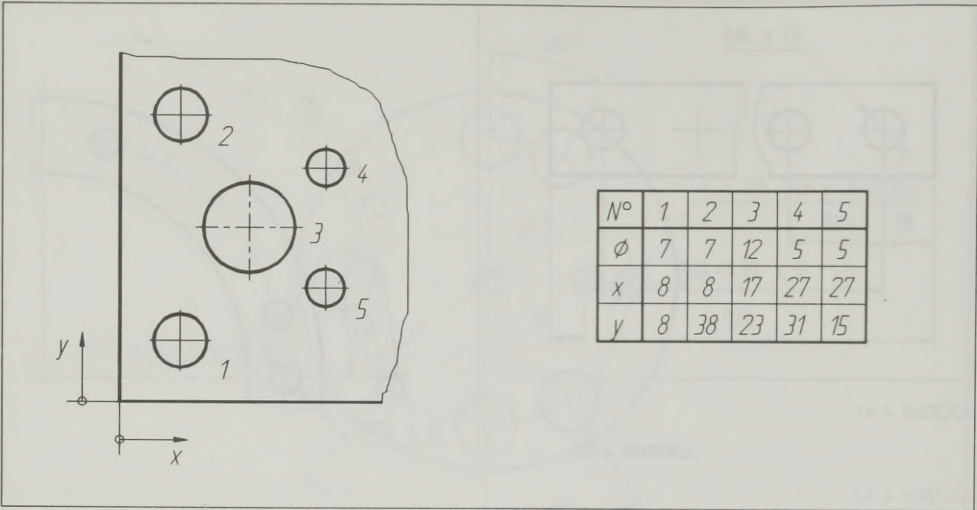


JOONIS 4.42.

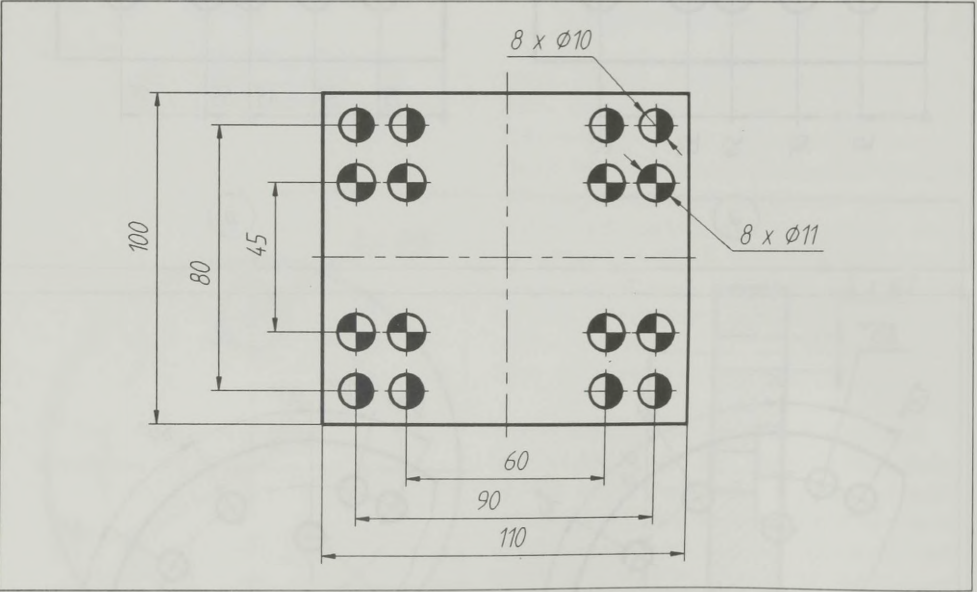
JOONIS 4.43.



JOONIS 4.44



JOONIS 4.45.



JOONIS 4.46.

(joon. 4.43, *a*) või mõõtnoole kohale (joon. 4.43, *b* ja 4.44, *b*).

Ühetüübiliste elementide, näiteks silindriliste avade, ebaühtlase paigutamisel saab mõõtmete märkimiseks kasutada koordinaatide meetodit. Elementide suuruse ja asukoha mõõtmel kirjutatakse vastavasse tabelisse (joon. 4.45).

Kui joonisel on kujutatud mitu läbimõõdult lähedaste avade gruppi, soovitatakse ühesugused avad tähistada ühtmoodi (ringi sektorite mustaks värvimisega). Sel juhul on neid joonisel hõlpsam eristada (joon. 4.46). Reeglina varustatakse avad tingtähisega ainult nendel kujutistel, kus on ära näidatud ka avade paigutuse mõõtmel.

4.2.5. Keermete leppeline tähistamine

Keeret iseloomustavad järgmised põhimõõtmel (joon. 4.47):

- $D \approx d$ — keermel välisläbimõõtel (vastavalt sise- ja väliskeermel);
- $D_1 \approx d_1$ — keermel siseläbimõõtel (vastavalt sise- ja väliskeermel);
- l — keermel töökõlblik osa pikkus;

kus, s.t. täisprofiiliga keermelniitide ulatus;

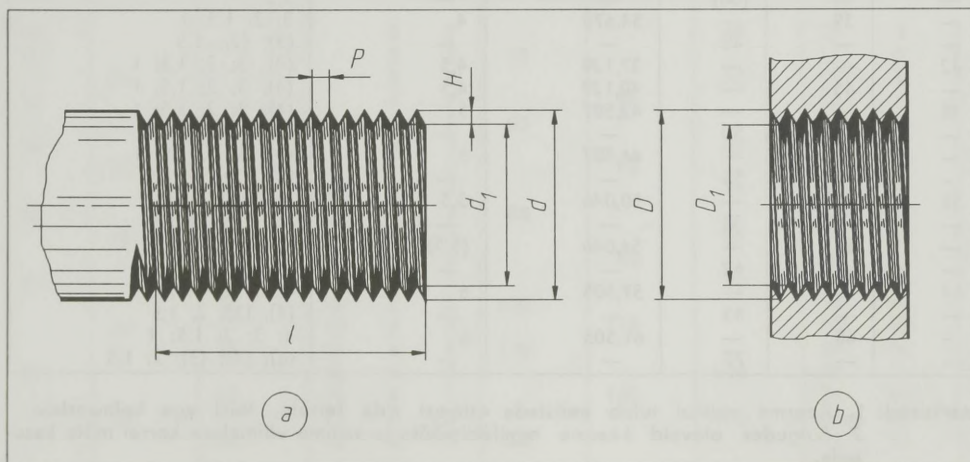
keermel sügavus (samuti keermelprofiili kõrgus), s.t. keermel harjade ja põhjade vahe;

P — keermel samm, s.t. keermel kahe naaberniidi vahekaugus;

P_h — keermel käik ehk tõus, s.t. poldi või mutri telgsuunaline edasinihe ühe täispöördega. Kui keermel on ühekäiguline, siis $P_h = P$. Mitmekäigulise keermel korral $P_h = n \cdot P$, kus n on käikude arv.

Kasutusala järgi võib keermelid jaotada kahte gruppi: kinnitus- ja käigu-keermelteks. Kinnituskeermeltest kasutatavad on meeterkeermel, tollkeermel ja silindriline torukeermel, käigukeermeltest — trapetskeermel ja ruutkeermel. Kõik nimetatud keermelid peale ruutkeermel on standardised, s.t. nende puhul on keermel valmistamiseks vajalikud mõõtmel vastavas standardis. Standardse keermel joonisele märgitakse vaid keermel tähis.

Meeterkeermel on kolmnurkse profiiliga (profiili tipunurk 60°). Tema



JOONIS 4.47. Keermel põhimõõtmel: *a* — väliskeermeliga "poldil"; *b* — siskeermeliga "mutril"

Tabel 4.1

Meeterkeermed [CT C3B 181-75 ja 182-75]

Nimiläbimõõt $d=D$ mm			Siseläbimõõt $d_1=D_1$ mm (ainult jäme- sammu korral)	Samm P mm	
1. rida	2. rida	3. rida		Jäme- e. harilik keere	Poonkeere
3	—	—	2,459	0,5	0,35
—	3,5	—	2,850	(0,6)	0,35
4	—	—	3,242	0,7	0,5
—	4,5	—	3,688	(0,75)	0,5
5	—	—	4,134	0,8	0,5
—	—	(5,5)	—	—	0,5
6	—	—	4,918	1	0,75; 0,5
—	—	7	5,918	1	0,75; 0,5
8	—	—	6,647	1,25	1; 0,75; 0,5
—	—	9	7,647	(1,25)	1; 0,75; 0,5
10	—	—	8,376	1,5	1,25; 1; 0,75; 0,5
—	—	11	9,376	(1,5)	1; 0,75; 0,5
12	—	—	10,106	1,75	1,5; 1,25; 1; 0,75; 0,5
—	14	—	11,835	2	1,5; 1,25; 1; 0,75; 0,5
—	—	15	—	—	1,5; (1)
16	—	—	13,835	2	1,5; 1; 0,75; 0,5
—	—	17	—	—	1,5; (1)
—	18	—	15,294	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
20	—	—	17,294	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
—	22	—	19,294	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
24	—	—	20,752	3	2; 1,5; 1; 0,75
—	—	25	—	—	2; 1,5; (1)
—	—	(26)	—	—	1,5
—	27	—	23,752	3	2; 1,5; 1; 0,75
—	—	(28)	—	—	2; 1,5; 1
30	—	—	26,211	3,5	(3); 2; 1,5; 1; 0,75
—	—	(32)	—	—	2; 1,5
—	33	—	29,211	3,5	(3); 2; 1,5; 1; 0,75
—	—	35	—	—	1,5
36	—	—	31,670	4	3; 2; 1,5; 1
—	—	(38)	—	—	1,5
—	39	—	34,670	4	3; 2; 1,5; 1
—	—	40	—	—	(3); (2); 1,5
42	—	—	37,129	4,5	(4); 3; 2; 1,5; 1
—	45	—	40,129	4,5	(4); 3; 2; 1,5; 1
48	—	—	42,587	5	(4); 3; 2; 1,5; 1
—	—	50	—	—	(3); (2); 1,5
—	52	—	46,587	5	(4); 3; 2; 1,5; 1
—	—	55	—	—	(4); (3); 2; 1,5
56	—	—	50,046	5,5	4; 3; 2; 1,5; 1
—	—	58	—	—	(4); (3); 2; 1,5
—	60	—	54,046	(5,5)	4; 3; 2; 1,5; 1
—	—	62	—	—	(4); (3); 2; 1,5
64	—	—	57,505	6	4; 3; 2; 1,5; 1
—	—	65	—	—	(4); (3); 2; 1,5
—	68	—	61,505	6	4; 3; 2; 1,5; 1
—	—	70	—	—	(6); (4); (3); 2; 1,5

Märkused: 1. Keeme valikul tuleb eelistada esimest rida teisele, teist aga kolmandale.

2. Sulgudes olevaid keeme nimiläbimõõte ja samme võimaluse korral mitte kasutada.

Tabel 4.2

Slindriline torukeere (ГОСТ 6357-73)

Keerme ting-tähis		Välisläbimõõt $d = D$ mm	Siseläbimõõt $d_1 = D_1$ mm	Samm P mm	Keerme-niitude arv 1'' kohta
1. rida	2. rida				
G $\frac{1}{8}$	—	9,728	8,566	0,907	28
G $\frac{1}{4}$	—	13,157	11,445	1,337	19
G $\frac{3}{8}$	—	16,662	14,950	1,337	19
G $\frac{1}{2}$	—	20,995	18,631	1,814	14
—	G $\frac{5}{8}$	22,911	20,587	1,814	14
G $\frac{3}{4}$	—	26,441	24,117	1,814	14
—	G $\frac{7}{8}$	30,201	27,877	1,814	14
G 1	—	33,249	30,291	2,309	11
—	G $1\frac{1}{8}$	37,897	34,939	2,309	11
G $1\frac{1}{4}$	—	41,910	38,952	2,309	11
—	G $1\frac{3}{8}$	44,323	41,365	2,309	11
G $1\frac{1}{2}$	—	47,803	44,845	2,309	11
—	G $1\frac{3}{4}$	53,746	50,788	2,309	11
G 2	—	59,614	56,656	2,309	11
—	G $2\frac{1}{4}$	65,710	62,752	2,309	11
G $2\frac{1}{2}$	—	75,184	72,226	2,309	11
—	G $2\frac{3}{4}$	81,534	78,576	2,309	11
G 3	—	87,884	84,926	2,309	11

Märkus: Keerme valikul tuleb esimest rida eelistada teisele.

Tabel 4.3

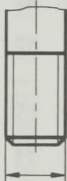
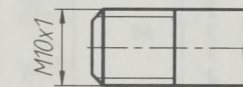

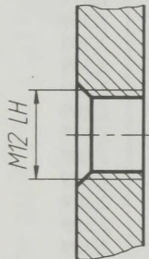

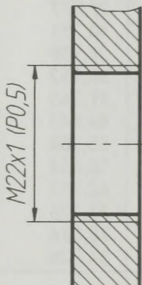

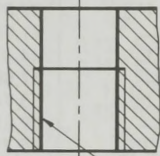
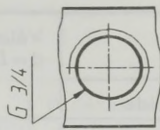
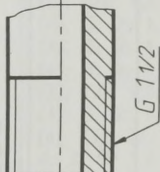
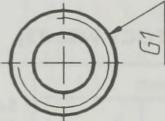
Trapetskeermed (ГОСТ 9484-73)

Läbimõõdud d mm			Sammud P mm	Läbimõõdud d mm			Sammud P mm
1. rida	2. rida	3. rida		1. rida	2. rida	3. rida	
10			3 2			48	12 8 3
12			3 2	50			12 8 3
	14		3 2			52	12 8 3
16			4 2		55		12 8 3
	18		4 2	60			12 8 3
20			4 2			65	16 10 4
	22		8 5 2		70		16 10 4
		24	8 5 2			75	16 10 4
26			8 5 2	80			16 10 4
	28		8 5 2			85	20 12 5
		30	10 6 3		90		20 12 5
32			10 6 3			95	20 12 5
		34	10 6 3	100			20 12 5
	36		10 6 3		110		20 12 5
		38	10 6 3	120			24 16 6
40			10 6 3			130	24 16 6
		42	10 6 3		140		24 16 6
	44		12 8 3			150	24 16 6
		46	12 8 3	160			24 16 6

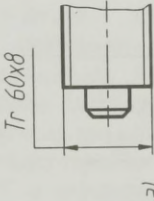
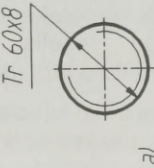
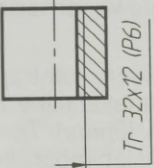
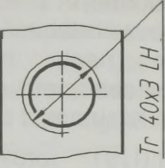
Märkus: Läbimõõtude valikul eelistada esimest rida teisele, teist aga kolmandale.

Tabel 4.4

Keermefee tähistamine joonisel

Keeme liik	Väliskeere		Sisekeere	
	Telgjoon paralleelne joonise pinnaga	Telgjoon ristil joonise pinnaga	Telgjoon paralleelne joonise pinnaga	Telgjoon ristil joonise pinnaga
Meeterkeere a) jämekeere b) peenkeere c) vasakpoolne jämekeere d) kahekäiguline peenkeere	  <p>a)</p>	 <p>a)</p>	 <p>c)</p>	 <p>a)</p>
	 <p>d)</p>	 <p>b)</p>	 <p>G 1 1/2</p>	 <p>G 3/4</p>
Silindriline torukeere	 <p>G 1 1/2</p>	 <p>G1</p>		

Tabel 4.4 järg

Keeme liik	Väliskeere		Sisekeere	
	Telgjoon paralleelne joonise pinnaga	Telgjoon ristii joonise pinnaga	Telgjoon paralleelne joonise pinnaga	Telgjoon ristii joonise pinnaga
<p>Trapetskeere</p> <p>a) parempoolne ühekäiguline</p> <p>b) parempoolne kahekäiguline</p> <p>c) vasakpoolne ühekäiguline</p>	 <p>a)</p>	 <p>a)</p>	 <p>b)</p>	 <p>c)</p>

sümboliks on täht *M*, millele lisatakse keeme välisläbimõõt mm-tes. Igale välisläbimõõdule vastab tavaliselt mitu erineva sammuga meeterkeeret. Antud läbimõõdu korral suurima sammuga keeret nimetatakse jämekeermeks. Enimkasutatavuse tõttu kirjutatakse *j ä m e k e e r m e* tähis lühidalt (näiteks *M16*), kuigi vaikimisi sisaldab see tähis ka sammu pikkuse (*M16* puhul vastavalt $P=2$ mm, vt. tabel 4.1). Väiksema sammuga keermeid nimetatakse *p e e n m e e t e r k e e r m e t e k s* ja nende tähises näidatakse ka keeme samm (näiteks tähis *M16x0,5* tähendab, et $d=D=16$ mm ja $P=0,5$ mm).

Kui keere on mitmekäiguline, lisatakse nimimõõtmele käigu pikkus ja sulgudes koos tähisega *P* ka samm, näiteks *M42 x 3(P1,5)*, s.t. kahekäiguline peenmeeterkeere välisläbimõõduga 42 mm, mille samm on 1,5 mm; *M30 x 6(P2)LH* tähendab kolmekäigulist vasakpeenmeeterkeeret välisläbimõõduga 30 mm ja sammuga 2 mm. Tähis kirjutatakse nii sise- kui väliskeerme puhul keeme välisläbimõõtu näitavale mõõtjoonele (vt. tabel 4.4).

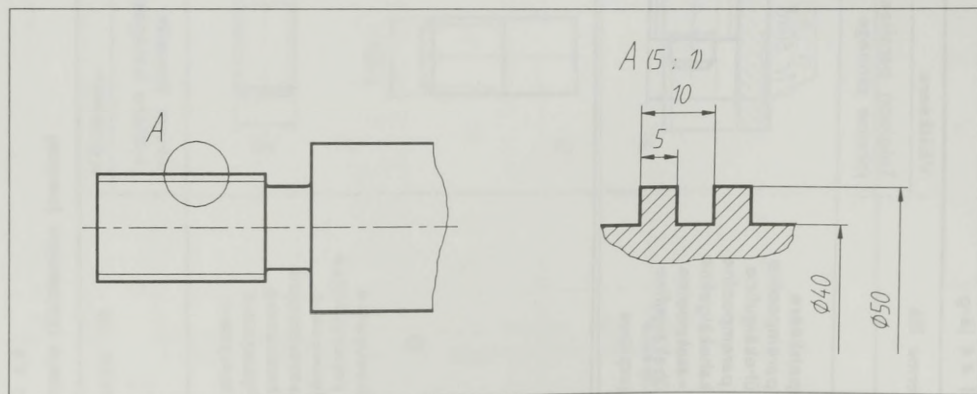
Tollkeere on kolmnurkse profiiliga (profiili tipunurk 55°). Tollkeermes tähiseks on keeme välisläbimõõt tollides (näiteks

$1/2''$). Meenutame, et $1'' = 25,4$ mm. Tähis kirjutatakse välisläbimõõtu näitavale mõõtjoonele nagu meeterkeermegi puhul. (Uute seadmete projekteerimisel tollkeermete kasutamist ei soovitata).

Silindrilist torukeeret kasutatakse vedeliku- või gaasitorustike ühenduskohtades. Keere on kolmnurkse profiiliga, tipunurgaga 55° . Silindrilise torukeermes leppeline tähis algab tähega *G*, millele järgneb toru tinglik siseläbimõõt (mitte keeme läbimõõt!) tollides (ilma tollimärgita $''$). Väljavõtte silindrilise torukeermes standardist on esitatud tabelis 4.2, joonisele kandmise näiteid vt. tabelis 4.4.

Trapetskeere on trapetsikujulise profiiliga (külgdevaheline nurk 30°). Tema tähiseks on lühend *Tr*, millele lisatakse keeme välisläbimõõt, keeme käigupikkus ja sulgudes keeme samm (mitmekäigulistel keermetel) analoogiliselt meeterkeermes tähise. Näiteks tähise *Tr50x24 (P8)LH* korral on tegemist kolmekäigulise vasak-trapetskeermega, mille välisläbimõõt on 50 mm ja samm 8 mm. Valik trapetskeermete mõõtmeid on esitatud tabelis 4.3, joonisele märkimise näiteid tabelis 4.4.

Ruutkeere ei ole standardne ja seepärast kantakse kõik keeme valmis-



JOONIS 4.48.

tamiseks vajalikud mõõtmed joonisele. Mõõtmed näidatakse tavaliselt välja toodud elemendi juures (joon. 4.48).

Lisaks eelloetletud keermetele kasutatakse tehnikas veel tugikeeret, koonilist torukeeret, ümarkeeret jm., mida käesolevas väljaandes ei käsitleta.

Keerme praktiline määramine seisneb alljärgnevas. Kuna standardse keerme kõiki mõõtmeid saab võtta vastavaist tabelleist, siis tehakse esiteks kindlaks keerme profiili tüüp (kolmnurk, trapets, ümar jne.) ja käikude arv. Keerme käikude arvu määramiseks piisab, kui kruvi või mutri otsalt loendada keerme- niitide lõpud. Järgnevalt mõõdetakse nihkmõõdikuga kas keerme sise- või välisläbimõõt, seejärel aga keermekammi abil samm. Keermekammi puudumisel on võimalik sammu määrata ka nihkmõõdikuga. Tulemus on täpsem, kui mõõdame ühe sammu asemel korraga 5 või 10 sammu pikkuse ning saadud summa jagame võetud sammude arvuga. Nüüd võib mõõtmistulemuste ja tabeliväärtuste kõrvutamisel valida sobivaima standardse keerme tähise. Seejuures tuleb arvesse võtta sedagi, et seoses keermesliite lõtku tagamisega ning võimaliku kulumisega on tegelikult poldi välisläbimõõt veidi väiksem ja mutril vastavalt sise- läbimõõt suurem tabelites esitatud nimiväärtustest.

Määramisnäide. Olgu kolmnurkse profiiliga väliskeerme mõõtmisel saadud välisläbimõõduks 29,8 mm ja ühekäigulise keerme sammuks (keskmiselt) 2,05 mm. Kõrvutades võimalike valikuvariantidena meeterkeeret ($d = 30$ ja $P = 2$, tabelist 4.1) ja silindrilist torukeeret ($d = 30,201$ ja $P = 1,814$ tabelist 4.2), on ilmselt sobivam neist esimene. Seega keerme tähiseks tuleb $M30 \times 2$.

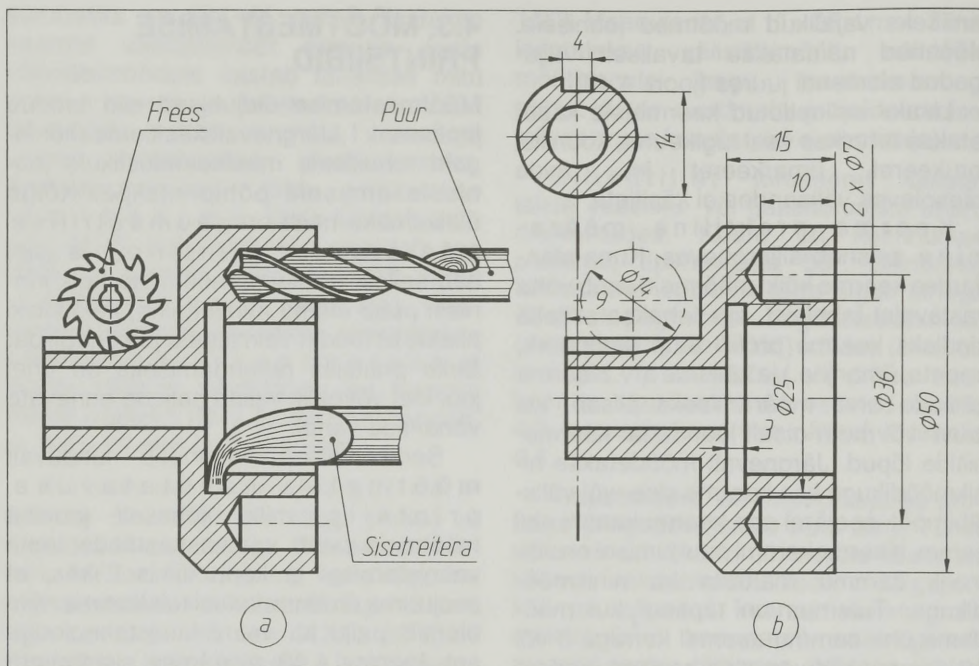
4.3. MÕÖTMESTAMISE PRINTSIIBID

Mõõtmestamise üldjuhised olid toodud jaotises 4.1. Järgnevalt käsitleme mõningaid tehnilisele masinaehituslikule joonisele omaseid põhiprintsiipe. Kõige üldisemaks neist on geomeetrilise määratavuse printsiip, mis seisneb selles, et üldine mõõtmete hulk joonisel peab olema minimaalne, kuid siiski piisav, et toodet valmistada ja kontrollida. Selle printsiibi rakendamiseks on ühel joonisel võimalik valida paljude erinevate variantide vahel.

Seda valikut kitsendab tunduvalt mõõtmete kasutatavuse printsiip, mille kohaselt joonise mõõtmeid peab saama kasutada toote valmistamisel ja kontrollimisel ilma, et seejuures ümberarvutusi tuleks teha. Siin oleneb palju ka valmistamistehnoloogiast. Joonisel 4.49, a on frees, sisetreitera ja puur kujutatud detailisse vastava süvendi töötlemise lõppmomendil. Joonis 4.49, b toob ära tehnoloogiliselt põhjendatud mõõtmed, mis võimaldavad detailisse niisuguseid elemente töödelda.

Enne joonise mõõtmestamist tuleb valida baas (või baasid), millest lähtudes saaks detaili mõõta. Baasiks ehk lähteks nimetatakse pinda või selle pinna osa (joon, punkt), mille kaudu detail on mehaanilises kontaktis teiste detailidega (konstruktiivne baas), tööpingi kinnituseadmetega, rakistega (tehnoloogiline baas) või mõõteriista rakenduspindadega (mõõtebaas). Projektstaadiumis joonistel on ülekaalus tavaliselt konstruktiivsed baasid, detailide tööjoonistel (eriti suuremate seeriade korral) aga tehnoloogilised baasid.

Järgnevalt analüüsime töötlemisoperatsioonide järjekorrast tingitud mõõtmete kandmist treipingis valmistatava puksi joonisele (vt. joon. 4.19). Detaili kujutis on antud poolvaatlõikes. Sisekontuuride mõõtmed on sobiv paigutada lõike poolele, väliskontuuride omad aga vaate poolele. Toorik kinnitatakse treipingi padru-



JOONIS 4.49.

nisse vasakpoolsest otsast. Kõigepealt treitakse siledaks parempoolne otspind, millest saab baaspind mitmetele teljesuunalistele mõõtmetele. Edasi töödeldakse toorik läbimõõtu 60 mm padrunist välja- ulatuva osa kogu pikkuses, seejärel aga parempoolne ots 20 mm ulatuses läbimõõtu 45 mm. Järgmiseks puuritakse piki tooriku telge 20-mm läbimõõduga ava, mida avardatakse parempoolsest otsast treiteraga 16 mm pikkuselt läbimõõduni 32 mm. Siis viiakse 4-mm laiune sisetera 27 mm sügavuseni ja treitakse 28-mm läbimõõduga soon. Viimasena eraldatakse 65 mm pikkune jupp tooriku ülejäänud osast läbilõiketeraga.

Nagu selgus, oli tooriku parempoolne ots tehnoloogiliseks baaspinnaks mõõtmetele 20, 16, 27 ja 65. Kõikide läbimõõtude jaoks aga valiti konstruktiivseks baasiks detaili geomeetriline element — pöörlemistelg.

Edasisel töötlemisel kinnitatakse toorik juba teisest, s.o. parempoolsest otsast, haarates teda treipingi padruni pakkide vahele 45 mm jämeduseks treitud kohast. Jääb sooritada veel kaks põhilist operatsiooni: treida välispind 24 mm ulatuses läbimõõtu 50 mm, seejärel aga puurida varem teisest otsast puuritud auk suuremaks: 30-mm puuriga 16 mm sügavuseni.

Vaadeldud detaili joonise mõõtmestamisega oli sobiv kasutada kolme baasi: detaili mõlemad otspindu ja pöörlemistelge. Teatmine mõõde (21) osutub ebatheoloogiliseks. Joonise mõõtmestamisega tuleks juhinduda ka norm-mõõtmete printsiibist, s.t. mõõt- arvude valikul lähtuda standardiga ettenähtud eelisarvudest. Eesmärgiks on siin piirata lõikeristade (freeside, treiterade, puuride jm.), samuti mõõteriistade ja kontrollkaliibrise nomenklatuuri, sest

Tabel 4.5

Normjoonmõõtmised mm-tes

(väljavõte standarditest ГOCT 6636-69 ja CT CЭB 514-77)

Read					Read				
Ra5	Ra10	Ra20	Ra40	Lisa-rida	Ra5	Ra10	Ra20	Ra40	Lisa-rida
1,0	1,0	1,0	1,0		6,3	6,3	6,3	6,3	6,5
		1,1	1,05 1,1 1,15				7,1	6,7 7,1 7,5	7,0 7,3 7,8
	1,2	1,2	1,2	1,25		8,0	8,0	8,0	8,2
		1,4	1,3 1,4 1,5	1,35 1,45 1,55			9,0	8,5 9,0 9,5	8,8 9,2 9,8
1,6	1,6	1,6	1,6	1,65	10	10	10	10	10,2
		1,8	1,7 1,8 1,9	1,75 1,85 1,95			11	10,5 11 11,5	10,8 11,2 11,8
	2,0	2,0	2,0	2,05		12	12	12	12,5
		2,2	2,1 2,2 2,4	2,15 2,3			12	13 14 15	13,5 14,5 15,5
2,5	2,5	2,5	2,5	2,7	16	16	16	16	16,5
		2,8	2,6 2,8 3,0	2,9 3,1			18	17 18 19	17,5 18,5 19,5
	3,2	3,2	3,2	3,3		20	20	20	20,5
		3,6	3,4 3,6 3,8	3,5 3,7 3,9			22	21 22 24	21,5 23
4,0	4,0	4,0	4,0	4,1	25	25	25	25	27
		4,5	4,2 4,5 4,8	4,4 4,6 4,9			28	26 28 30	29 31
	5,0	5,0	5,0	5,2		32	32	32	33
		5,6	5,3 5,6 6,0	5,5 5,8 6,2			36	34 36 38	35 37 39

Tabel 4.5 järg

Read					Read				
Ra5	Ra10	Ra20	Ra40	Lisa-rida	Ra5	Ra10	Ra20	Ra40	Lisa-rida
40	40	40	40	41	250		250	250	
			42	44				260	270
		45	45	46			280	280	290
			48	49				300	310
	50	50	50	52		320	320	320	315
			53	55				340	330
		56	56	58			360	360	350
			60	62				380	370
63	63	63	63	65	400		400	400	410
			67	70				420	440
			71	73			450	450	460
			75	78				480	490
	80	80	80	82		500	500	500	515
			85	88				530	545
		90	90	92			560	560	580
			95	98				600	615
100	100	100	100	102	630	630	630	630	650
			105	108				670	690
		110	110	112			710	710	730
			120	118				750	775
	125	125	125	135		800	800	800	825
			130	145				850	875
		140	140	155			900	900	925
			150					950	975
160	160	160	160	165	1000	1000	1000	1000	
			170	175					
		180	180	185					
			190	195					
	200	200	200	205					
			210	215					
		220	220	230					
			240						

Märkused:

1. Eelistada rida Ra5 reale Ra10, rida Ra10 reale Ra20 ja rida Ra20 reale Ra40.
2. Täiendavaid mõõtmeid (lisarida) kasutada vaid erandjuhtumil.

Tabel 4.6

Normnurgad [ГОСТ 8908-81 ja
CT CЭB 178-75]

Rida 1	Rida 2	Rida 3	Nurga väärtus radiaanides
0°		15'	0,0000000
	30'	45'	0,0043633
	1°		0,0087266
	2°	1°30'	0,0130899
	3°	2°30'	0,0175533
	4°		0,0261799
5°			0,0349066
	6°		0,0436332
	7°		0,0523599
	8°		0,0698132
	9°		0,0872665
	10°		0,1047198
		12°	0,1221730
15°			0,1396263
		18°	0,1570796
			0,1745329
20°			0,2094395
		22°	0,2617994
		25°	0,3141593
30°			0,3490658
		35°	0,3829724
	40°		0,4363323
			0,5235988
45°			0,6108652
		50°	0,6981317
		55°	0,7853982
60°			0,8726646
		65°	0,9599311
		70°	1,0471976
	75°		1,1344640
			1,2217305
		80°	1,3089970
90°		85°	1,3962633
			1,4935299
		100°	1,5707964
		110°	1,7453292
120°			1,9198622
			2,0943952
		135°	2,3561945
		150°	2,6179939
		165°	2,8797933
		180°	3,1415927
		270°	4,7123890
		360°	6,2831853

Märkus: Eelistada tuleks esimest rida teisele ja teist kolmandale.

Tabel 4.7

Normkalded [CT CЭB 513-77]

Kalle	Kaldenurk
1:500	6'52,2"
1:200	17'11,3"
1:100	34'22,6"
1:50	1°8'44,7"
1:20	2°55'44,7"
1:10	5°42'38,1"

selle tulemusena muutub eseme valmistamine lihtsamaks ja majanduslikult otstarbekamaks. Normjoonmõõtmel, -nurgad, -kalded ja -koonilisused on esitatud tabelites 4.5...4.7. Põhjendatud juhtudel võib normmõõtmeltest ka loobuda.

5. PINNAKAREDUSE, TOLERANTSIDE JA ISTUDE NING TERMITLISE TÖÖTLEMISE MÄRKIMINE

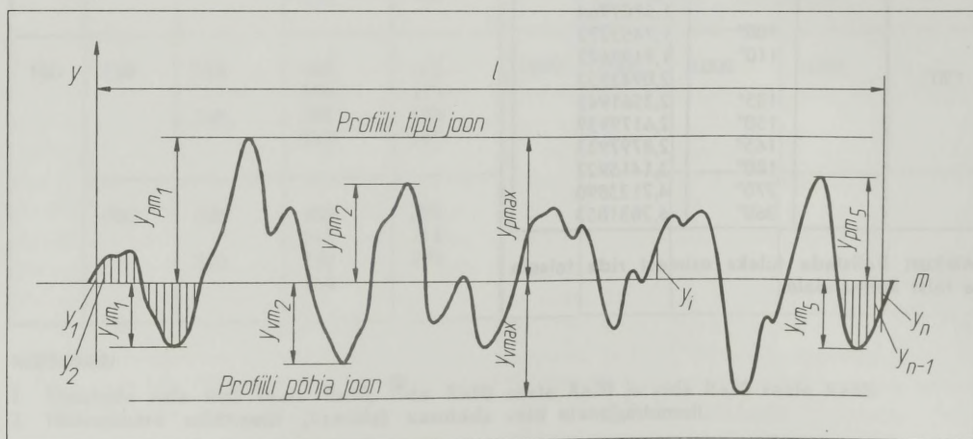
5.1. PINNAKAREDUS

5.1.1. Pinnakareduse hindamise parameetrid

Detailide pinnad ei ole kunagi täiesti siledad, sest ka kõige hoolikamal töötlemisel jätab lõikeriist sinna üksteisega kõrvuti paiknevaid konarusi (joon. 5.1), rääkimata töötlemata jäetud valu- ja sepistatud pindadest. Pinnakareduse all mõistetakse konarusi, mis moodustavad pinna rel-

jeefi. Konarusi vaadeldakse kindla pikkusega lõigul l , mida nimetatakse lähteks.

Pinnakaredust väljendatakse profiili keskmise hälbe Ra (μm), mille puhul vaadeldakse kõiki konarusi lähte l (mm) pikkusel lõigul. Kui tõmmata konaruste läbilõikele keskjoon (joon m joonisel 5.1) ning profiili üksikuist punktidest joonestada selle keskjoone ristsirged, siis kauguste y_1, y_2, \dots, y_n absoluutväärtuste



JOONIS 5.1.

Tabel 5.1

Pinna otstarbele vastava pinnakareduse näited

Detaili element	Ra μm	Pinna- kareduse järgu number
Valupinnad	50 25	N12 N11
Puuritud avad, kor- puste ja kronsteinide toetuspinnad, treitud ja freesitud detailide mittekokkupuutuvad pinnad (välja arva- tud allpool nimeta- tud pinnad)	12,5	N10
Poltide ja mutrite pinnad, hammas- ja liistliidete, samuti võllide, muhvide ja pukside mittekokku- puutuvad pinnad	6,3	N9
Veerelaagrite pai- galduskohtade ots- pinnad, vahetihen- dite alused pinnad, istuvabalt paigalda- tud detailide kokku- puutuvad pinnad	3,2	N8
Kummist tihendus- rõngaste ja mansett- tihendite paigaldus- pinnad, veerelaag- rite paigalduspinnad, hõõrduvad pinnad, millele ei esitata kulumise või püsiva lõtku säili- tamise suhtes suuri nõudmisi (näit. liu- gurite tööpinnad, kaante tsentreerivad pinnad jne.)	1,6	N7
Kulumiskindlad hõõrdepinnad (näit. liugelaagrite töö- pinnad), liikumatute istudega ühendatud pinnad	0,8	N6

Tabel 5.1 järg

Detaili element	Ra μm	Pinna- kareduse järgu number
Kummist tihendus- rõngaste ja mansett- tihendite alused töö- pinnad, raskeltkoor- matud detailide hõõrdepinnad, silindri ja kolvi hõõrdepinnad, klappide tööpinnad	0,4	N5

kauguste arvuga n , saame profiili hälvete aritmeetilise keskmise keskjooone suhtes.

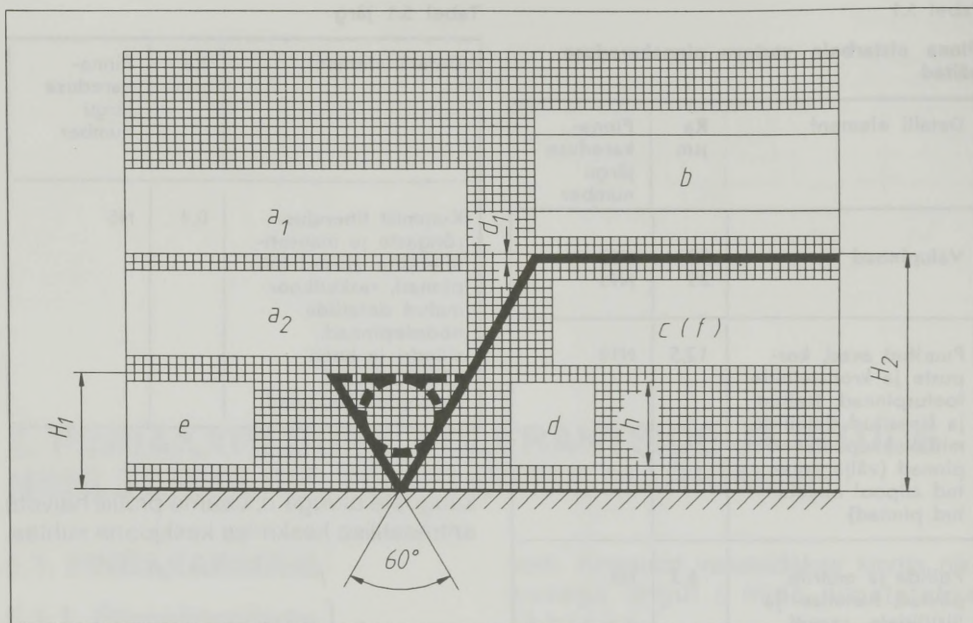
$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx, \text{ ehk ligikaudu}$$
$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|.$$

Pinna profiili määratakse mitmesuguste kombitsmõõturitega, nagu profilograafide ja profilomeetritega, kontaktivabalt spetsiaalsete mikroskoopide ja interferomeetritega või lihtsalt näidisega silma järgi.

Tunnusarvu väärtuse ette Ra ei kirjutata (näit. 3,2). Igale standardsele Ra väärtusele vastab järgunumber, mis võib teda asendada. Detailide mitmesuguste pindade orienteeruvad pinnakaredused ja järgunumbrid on tabelis 5.1. Tabelis 5.1. on näidatud mõned masinaehituses kasutatavad pinnakareduse väärtused.

5.1.2. Pinnakareduse märkimine joonisele

Pinnakaredus kantakse reeglina selle kujutise juurde, kuhu on kirjutatud mõõtmed. Nii nagu mõõtmedki, ei tohi ka ühe ja sama pinna kohta käivaid kareduse andmeid erinevatel kujutistel korrata.



JOONIS 5.2.

Joonisel 5.2. on antud pinnakaredustähise struktuur. Tähis koosneb teravikuga vastu detaili pinda, distantsoont või viitejoone laudit toetuvast märgist ja reast andmeist, mis kirjutatakse märgi juurde.

Joonisel 5.2 kujutatud pinnakaredustähise struktuur on järgmine:

- a_1 — maksimaalne pinnakaredus [μm],
- a_2 — minimaalne pinnakaredus [μm],
- b — töötlemisviisi või muud juhised,
- c — lähte pikkus (joon. 5.1 pikkus l),
- d — konaruste sihi tingmärk (käesolevas raamatus ei ole käsitletud),
- e — töötlusvaru [mm],
- f — mõne teise, Ra -st erineva, parameetri väärtus [μm],
- d_1 — joone jämedus standardkirja juures ($d_1 = 1/14h$ A-tüüpi ja $d_1 = 1/10h$ B-tüüpi kirjas).

Kaks pinnakareduse parameetri väärtust (maksimaalne ja minimaalne), töötlemisviisi, lähtepikkust, konaruste sihi tingmärki, töötlusvaru ning mõne teise,

Ra -st erineva, pinnakareduse parameetri väärtust näidatakse vaid vajaduse korral. Seega tavaliselt kirjutatakse märgi juurde vaid üks Ra väärtus (joon. 5.4, a ja b). Joonisel 5.3 on kujutatud pinnakaredusmärkide paigutusi joonisel (kareduse parameetreid ei ole näidatud). Märgi kõrgus (H_1 ja H_2) sõltub kirja suurtähe kõrgusest h (tabel 5.2).

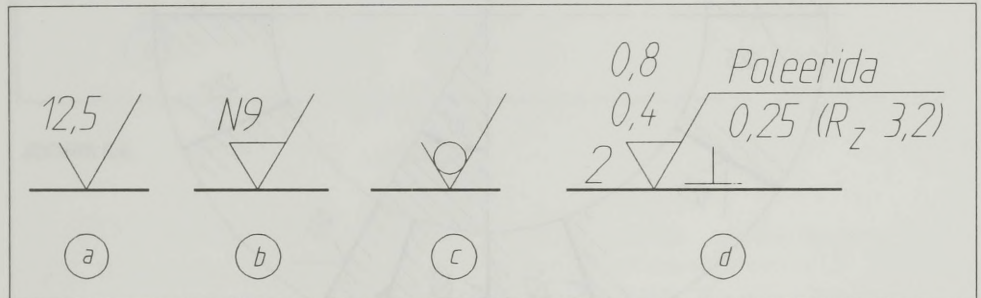
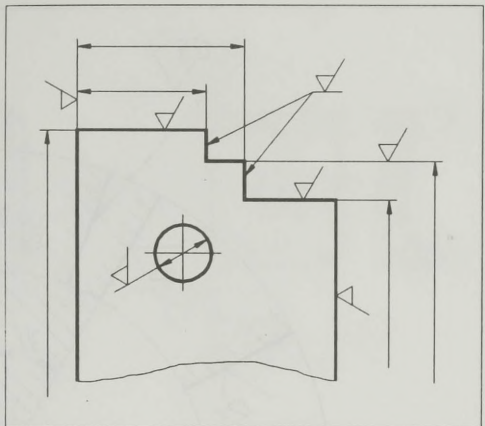
Joonisel 5.4, a on näidatud pinnakareduse sümbol, mille tähendust selgitatakse joonisel tehnilistes tingimustes. Joonisel 5.4, b toodud märk näitab, et antud karedusega pind tuleb töödelda materjalikihi eraldamisega (treimisega, freesimisega, puurimisega, lihvimisega jne.). Joonisel 5.4, c antud märk tähistab pinnakaredust, mis saadakse töötlemisel laastu eraldamata (valtsimisel, sepsitamisel, valamisel, stantsimisel jne.). Märgiga joonisel 5.4, c tähistatakse ka pindasid, mida ei töödelda antud joonise järgi. Seega ei pruugi see märk tähistada

Tabel 5.2

Pinnakaredusmärgi kõrguse sõltuvus suurtähe kõrgusest

h	3,5	5	7	10	14	20
H_1	5	7	10	14	20	28
H_2	10	14	20	28	40	56

JOONIS 5.3. ⇨



JOONIS 5.4.

ainult lõiketöötlemisega viimistlemata, vaid ka viimistletud pindu. Antud joonise järgi töötlemata pindadele kantakse märk ilma pinnakareduse parameetri ja muude andmeteta. Joonisel 5.4, d on näidatud kogu pinnakaredustähise struktuur.

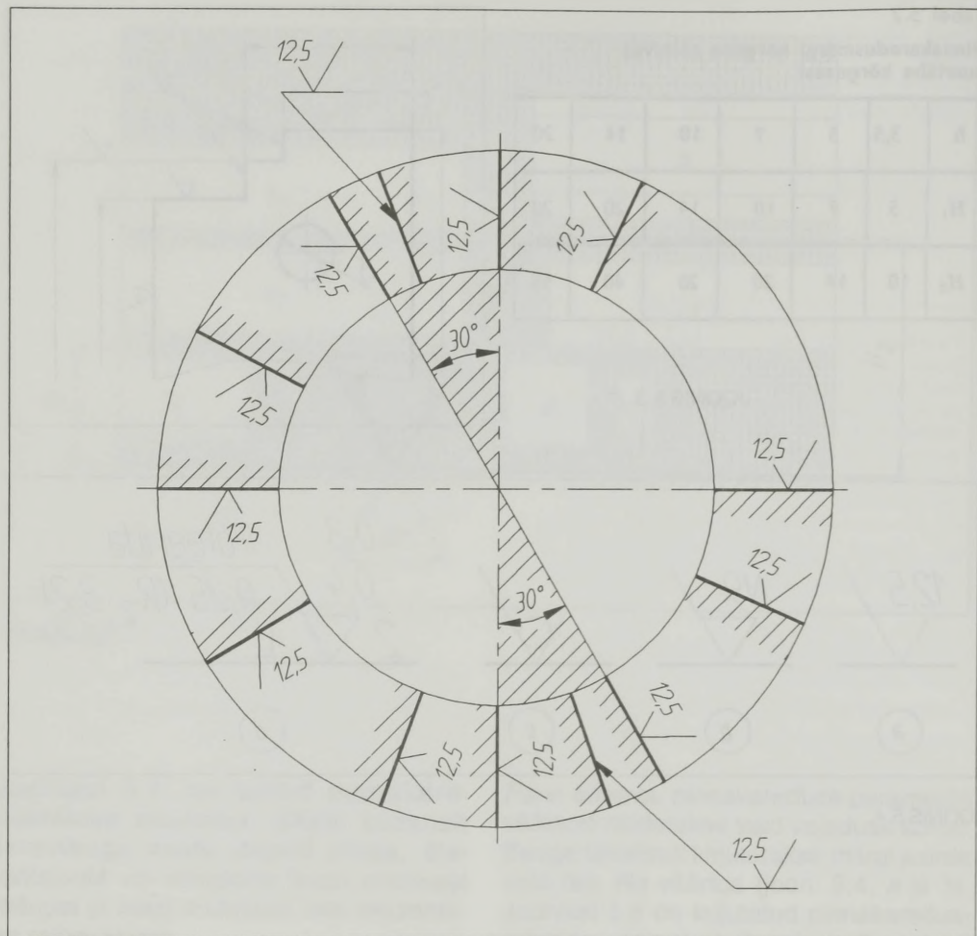
Joonisel 5.5 on näidatud erinevate nurkade all joonestatud pinnakaredusmärgid ja parameetri kirjutamissuunad. Kui pind on 30° -ses viirutatud tsoonis, siis paigutatakse märk ainult viitejoone laudile, kusjuures viitejoon lõpeb noolega.

Kui eseme kõik pinnad tuleb töödelda ühesuguse karedusega, siis näidatakse pinnakareduse sümbol kas kujutise juures, kirjanurga juures või joonisel

tehniliste tingimuste osas. Märkile võib lisada selgituse, näit. 12,5 ✓ Kõik pinnad.

Juhul kui esemel on palju ühesuguse karedusega pindu ning veel mõned nendest erinevad pinnad, siis viimaste karedus näidatakse vahetult kujutise juures. Ülejäänud pindade karedust näidatakse samuti kas kujutise või kirjanurga juures või siis joonisel tehniliste tingimuste osas. Sümbolile võib sulgudes lisada kas temast erinevate pinnakareduste sümbolid (joon. 5.6, a), "tühja" sümboli (joon. 5.6, b) või selgituse (joon. 5.6, c).

Kui ühe ja sama pinna eri osad tuleb töödelda erineva karedusega, siis tõmmatakse nende osade eraldamiseks pidev peenjoon ja näidatakse igale osale



JOONIS 5.5.

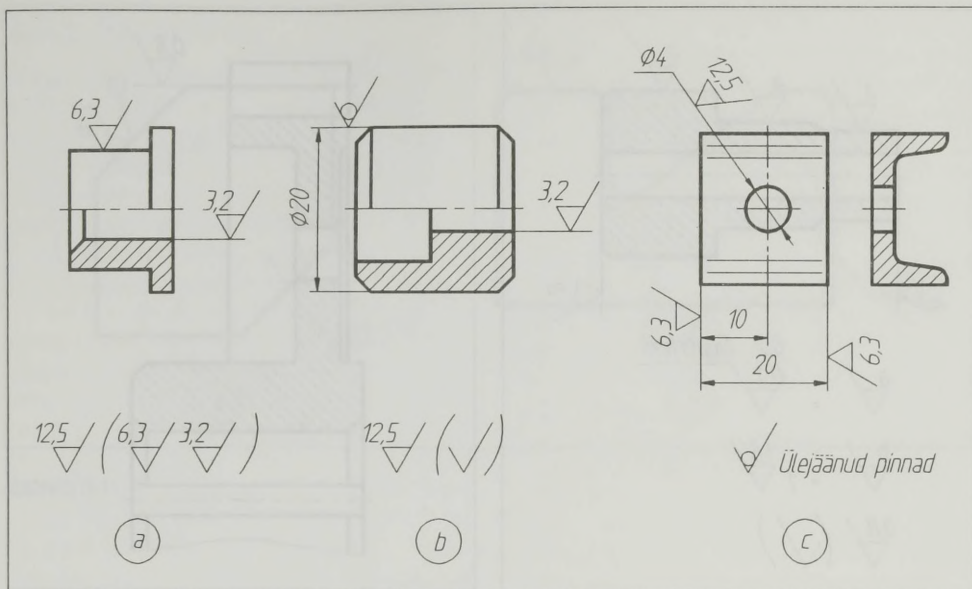
vastav mõõde koos pinnakareduse määrgiga. Üksteisest erineva töötusega pinnasade piirdejoont üle viirutatud ala ei tõmmata (joon. 5.7).

Et vältida keerukate sümbolite joonisel kordamist, võib märkida nad lihtsustatud kujul ja lahtimõtestada nende tähenduse tehniliste tingimuste osas (joon. 5.8).

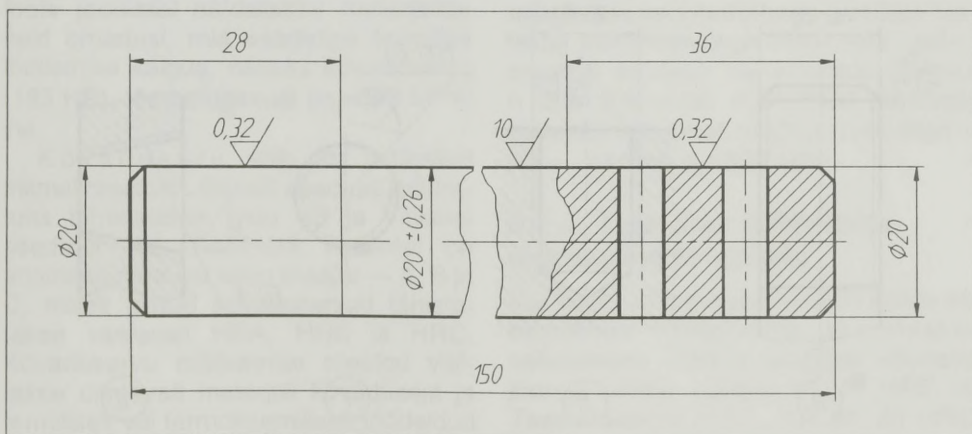
Kui hammasratta või evolvent-hammasliidete joonisel ei ole näidatud hamba profiili, siis hamba tööpindade karedus märgitakse tinglikult jaotuspinda tähistavale kriipspunktjoonele (joon. 5.9).

Keerme karedus näidatakse tinglikult kas mõõtme märkimise tarbeks tõmmatud distantssjoonel (joon. 5.10, a ja b) või otse keerme mõõtejoonel (joon. 5.10, c ja d).

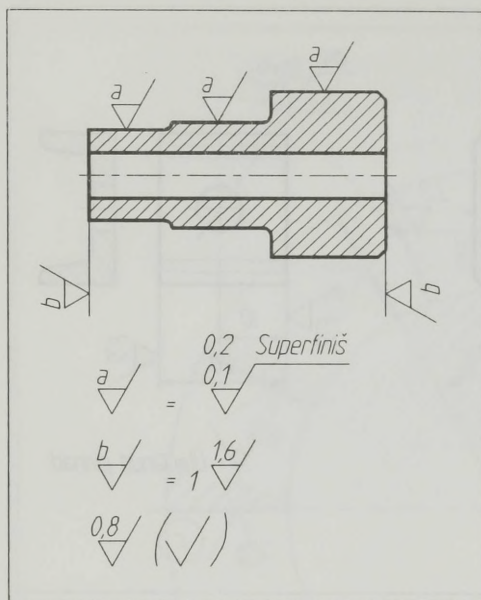
Kui eset piirab ühesuguse töötusega kontuurpind, siis antakse selle karedus ainult üks kord, varustades pinnakaredusmärgi ringikesega, mille läbimõõt on 4...5 mm (joon. 5.11, a). Pindade sujuva ülemineku korral ei ole ringikest tarvis (joon. 5.11, b).



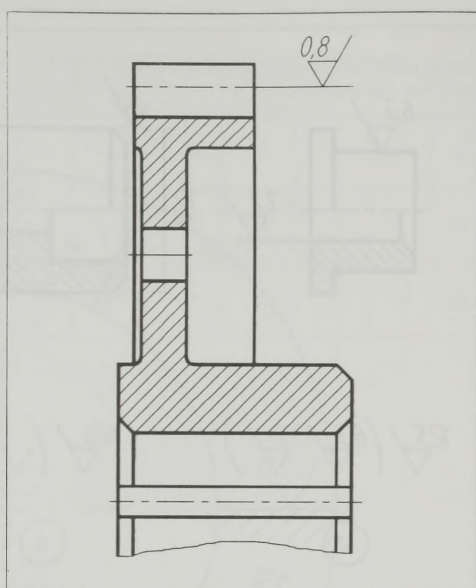
JOONIS 5.6.



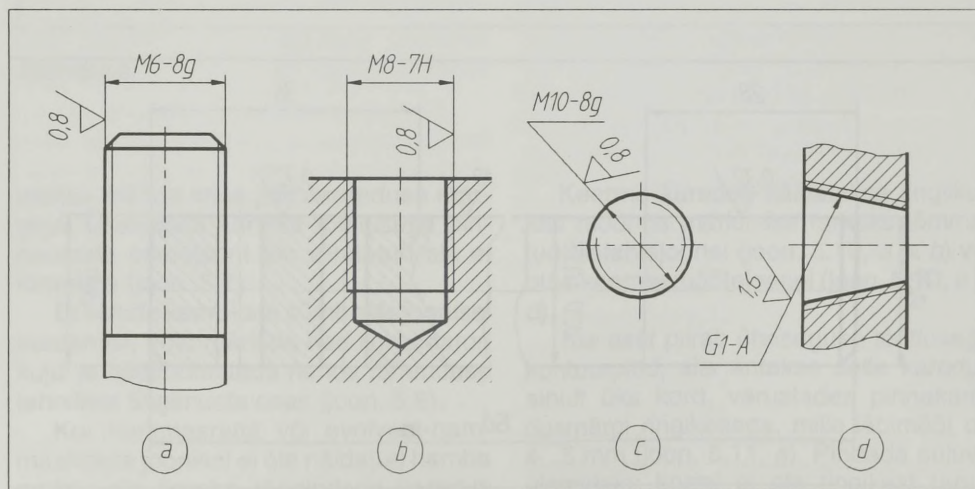
JOONIS 5.7.



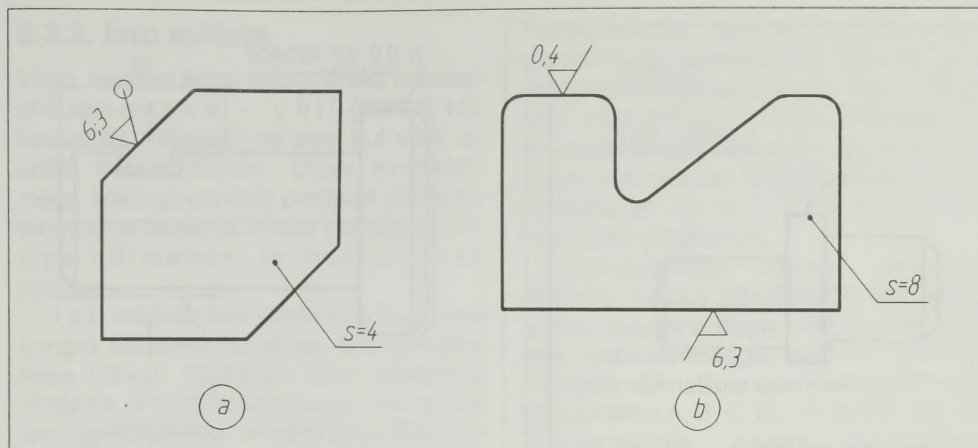
JOONIS 5.8.



JOONIS 5.9.



JOONIS 5.10.



JOONIS 5.11.

5.2. TERMILINE TÖÖTLEMINE

5.2.1. Termilist töötlemist iseloomustavad parameetrid

Termilise töötlemise all tuleb mõista metallide ja sulamite kuumutamist kindla temperatuurini, sellel temperatuuril hoidmist ja seejärel nende jahutamist ettenähtud kiirusega. Termiliselt töödeldud toote joonistel näidatakse materjalide neid omadusi, mis saadakse termilise töötlemise käigus, näiteks kõvadusarvu (183 HB), tõmbetugevust ($\sigma_B=598$ MPa) jne.

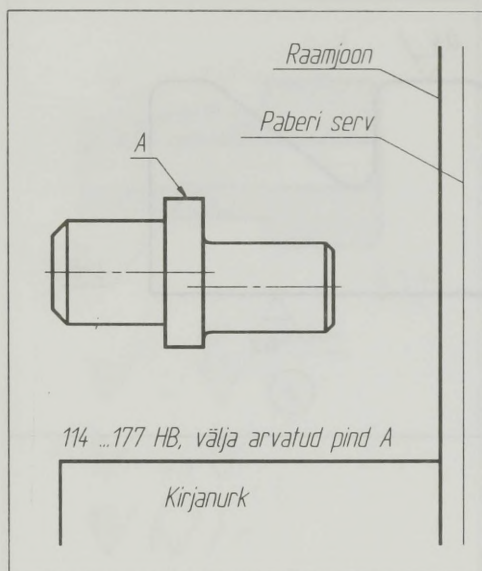
Kõvadusarv võib olla määratud mitmel meetodil. Brinelli seadmel määratuna tähistatakse teda HB ja Vickersi seadmel HV. Rockwelli seadmel on enamkasutatavad kolm skaalat — A, B ja C, millelt loetud kõvadusarvud tähistatakse vastavalt HRA, HRB ja HRC. Kõvadusarvu määramise meetod valitakse olenevalt materjali kõvadusest ja termiliselt või termokeemiliselt töödeldud pindkihi paksusest.

Nõutav pindkihi paksus saavuta-

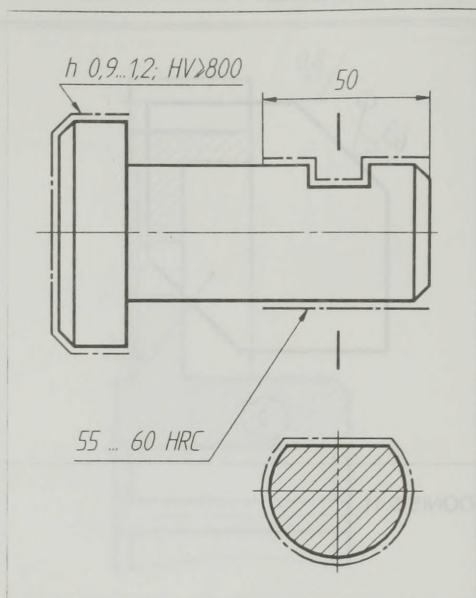
takse näiteks pindkarastamisega induktsoonkuumutamise teel kõrgsagedusvoolu abil või termokeemilise töötlemisega tsementeerimise (madala süsinikusaldusega terase pindkihi rikastamine süsinikuga), tsüaanimise (pindkihi rikastamine süsiniku ja lämmastikuga) või nitreerimise (pindkihi rikastamine lämmastikuga) teel. Töötlemise sügavus märgitakse sel juhul tähega h , millele lisatakse piirmõõtmetega töötlemise ulatus, seejärel antakse ka kõvadus, näiteks h 0,6...0,8; 41,6...46,4 HRC. Materjali omadusi lubatakse näidata märkidega < või >, näiteks $\sigma_B > 530$ MPa.

5.2.2. Termilise töötlemise märkimine joonisele

Kui toode on tervikuna allutatud ühte liiki termilisele töötlemisele, siis antakse sellekohane märkus tehnilise nõudena joonise pinnal, näiteks 46...51 HRC või Tsementeerida h 0,7...0,9; 57...61 HRC. Eset võib termiliselt töödelda ka ainult osaliselt. Sel juhul tehakse märkus teh-



JOONIS 5.12.



JOONIS 5.13.

nilise nõudena, nagu on näidatud joonisel 5.12.

Termiliselt töödeldud osade eraldamiseks töötlemata jäänud või teist liiki termilise töötlemisega osadest tõmmatakse eseme vastava kontuuri lähedusse (kontuurist 0,8...1 mm kaugusele) kriips-punktjamejoon. Ühtlasi märgitakse mõõtetega termilise töötlemise ulatus ja kantakse viitejoone laudile andmed materjali omaduste kohta (joon. 5.13). Mõõtmel võib jätta ka märkimata, kui termiliselt töödeldud osad on eseme kujust selgelt välja loetavad (joon. 5.13 detaili vasakpoolne ots).

Ühe ja sama pinna termilist töötlemist võib näidata kriipspunktjamejoone abil korraga mitmel kujutisel. Materjali omadusi iseloomustavad andmed kantakse sel puhul vaid ühe kujutise juurde (vt. joon. 5.13, kus viitejoon viiakse ainult peakujutise vastava koha ümber tõmmatud kriipspunktjamejooneni).

5.3. TOLERANTSID JA ISTUD

5.3.1. Tolerantsi mõiste

Töötlemise ebatäpsuste tõttu ei anna konstruktor igale mõõtmele mitte ühe lubatava väärtuse, vaid näitab alati igale mõõtmele kaks väärtust, suurima (max) ja vähima (min) piirmõõtme. Suurima ja vähima piirmõõtme vahet nimetatakse tolerantsiks. Näiteks mõõtmel $\varnothing 20 \pm 0,6$ on $\varnothing 20$ nimimõõde, suurim piirmõõde $\varnothing 20,6$, vähim piirmõõde $\varnothing 19,4$ ja tolerants 1,2. Suurima piirmõõtme ja nimimõõtme algebralist vahet nimetatakse ülemiseks hälbeks ja vähima piirmõõtme ja nimimõõtme algebralist vahet alumiseks hälbeks. Eeltoodud näites on ülemine hälve +0,6 ja alumine -0,6 mm.

5.3.2. Istu mõiste

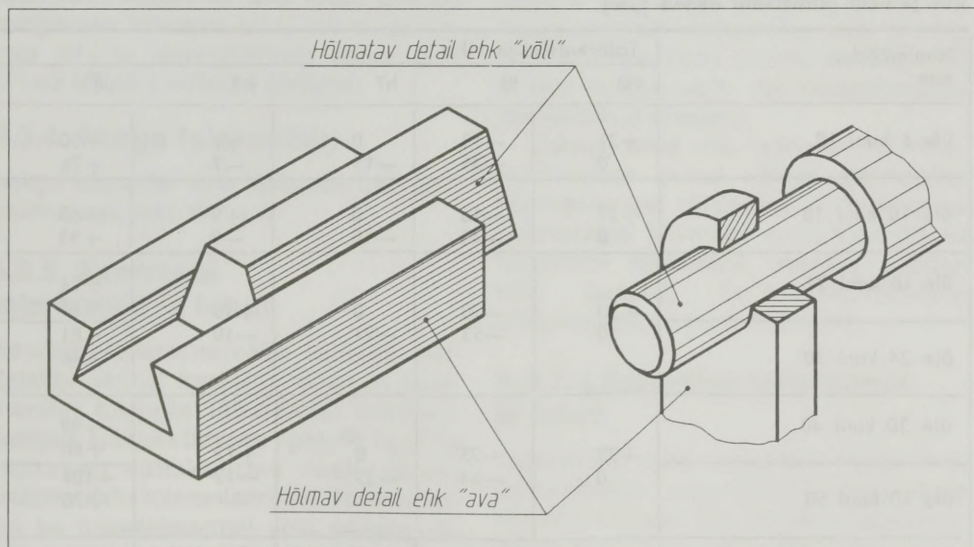
Väga levinud kahe detaili liiteks masinaehituses on *ava – völli* (joon. 5.14), kusjuures mõlemal, nii aval kui völliil on ühine nimimõõde. Ühise nimimõõmega kokkupuutuvate pindade puhul nimetatakse avaks ja völliiks igasuguse kujuga hõlmavat ja hõlmatavat pinda.

Ist määrab liite ühenduse tugevuse (pingu) või selle suhtelise liikumisvabaduse (lõtku). Vajalikud istud saadakse võrdsete nimimõõtmete juures *ava* ja *völli* tegelike mõõtmete erinevusega sõltuvalt põhihälvetest s.o. tolerantsivälja kaugusest nulljoonest (joon. 5.15 tähistatud *f* ja *u*). Istud jaotatakse lõtk-, ping- ja siirdeistudeks (võimaldab nii pinguga kui ka lõtkuga istu). Kuna völli on kergemini töödeldav kui *ava*, paigutatakse tavaliselt *ava* tolerantsiväli nii, et väiksem *ava* mõõt oleks nimimõõde ja ist saadakse völli tolerantsivälja nihtamisega ühele või teisele poole (vt. joon. 5.15).

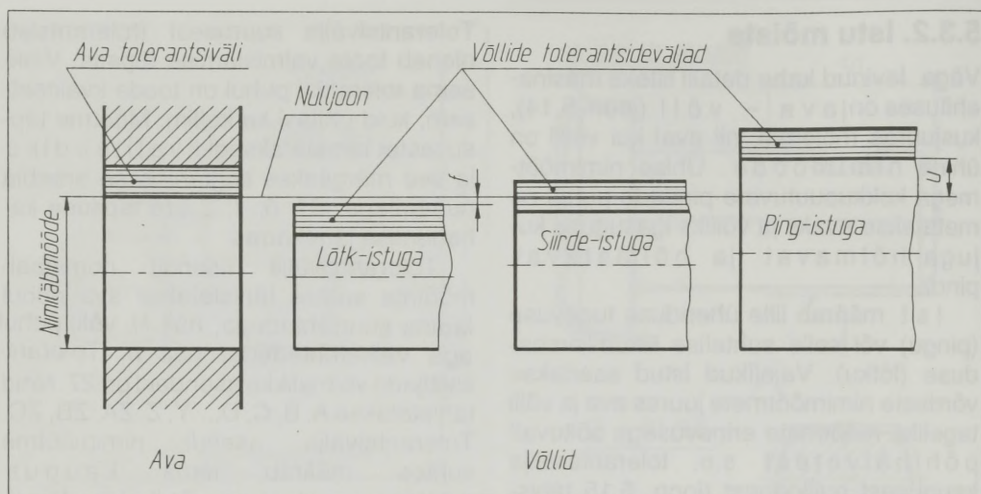
Tolerantsivälja suurusest (tolerantsist) oleneb toote valmistamise täpsus. Väiksema tolerantsi puhul on toode kvaliteetsem, kuid ühtlasi ka kallim. Mõõtme täpsusastet nimetataksegi *kvaliteediks* ja see märgitakse tingimärgisega araabia numbritega: 01; 0; 1; 2...18 täpsuse kaanemise järjekorras.

Tolerantsivälja asendit nominaalmõõtme suhtes tähistatakse *ava* puhul ladina suurtähtedega, näit *H*, völli puhul aga väiketähtedega, näit *h*. Tolerantsiväljade võimalikke asendeid on 27. Neid tähistatakse A, B, C, D,...Y, Z, ZA, ZB, ZC. Tolerantsivälja asendi nimimõõtme suhtes määrab tema kaugus nulljoonest, s.o. põhihälve. Kvaliteedi arväärtused olenevad detaili nimimõõtmetest. Tabelis 5.3 on näitena mõned piirhälvete väärtused μm -tes.

Kui *ava* tolerantsiväli on *H8*, siis lõtkist saavutatakse, näiteks, *f8* või *h7* völli puhul, siirdeist *j_s7* völli puhul ja pingist *u8* puhul.



JOONIS 5.14.



JOONIS 5.15.

Tabel 5.3

Ava ja võlli piirhälvete näited [μm]

Nimimõõde, mm	Tolerantsivälja tähis				
	H8	f8	h7	j.7	u8
üle 6 kuni 10	+22 0	-13 -35	0 -15	+7 -7	+50 +26
üle 10 kuni 18	+27 0	-16 -43	0 -18	+9 -9	+60 +33
üle 18 kuni 24	+30 0	-20 -53	0 -21	+10 -10	+74 +41
üle 24 kuni 30					+81 +48
üle 30 kuni 40	+39 0	-25 -64	0 -25	+12 -12	+99 +60
üle 40 kuni 50					+109 +70
üle 50 kuni 65	+46 0	-30 -76	0 -30	+15 -15	+133 +87
üle 65 kuni 80					+148 +102

Tabel 5.3 järg

Nimimõõde, mm	Tolerantsivälja tähis				
	H8	f8	h7	j _s 7	u8
üle 80 kuni 100	+54 0	-36 -90	0 -35	+17 -17	+178 +124
üle 100 kuni 120					+198 +144
üle 120 kuni 140	+63 0	-43 -106	0 -40	+20 -20	+233 +170
üle 140 kuni 160					+253 +190

5.3.3. Liitumatute mõõtmete tolerantsid

Liiteid mittemoodustavate pindade täpsus on oluliselt väiksem talitluslike pindade mõõtmete täpsusest. Seepärast kasutatakse sel puhul tavaliselt 14-ndat kvaliteeti, kusjuures ava tüüpi pinnale märgitakse tolerants $H14$, võlli tüüpi pinnale $h14$ ja joonmõõtmele tolerants $\pm IT14/2$ (IT on kvaliteedi üldtähis).

5.3.4. Nurga tolerantsid

Nurga tolerantsi võib tähistada vaid arv- väärtusega, näit. $60^\circ \pm 5'$.

5.3.5. Keermete tolerantsid ja istud

Keeme tolerantsivälja tähises näidatakse järjest keskläbimõõdu ja keermeniidi harjade läbimõõdu tolerantsiväljad. Näiteks tähises $7g6g$ on $7g$ ja $6g$ vastavalt väliskeeme kesk- ja välisläbimõõdu tolerantsiväljad. Nii meeterkui ka trapetskeermel võib näiteks väliskeeme tolerantsiväli olla $6g$ ja sisekeermel $6H$, kusjuures nii kesk- kui ka keermeniidi harjade läbimõõdudel on ühtmoodi tolerants (sel juhul esitatakse ainult üks tähis).

5.3.6. Hammasliidete tolerantsid ja istud

Hammasliide moodustub hammastest völliil ja neile vastavatest soontest rummus (kasutatakse ka terminit nuutliide). Rööpkülgsete hammasliidete puhul võib näiteks valida tsentreeriva läbimõõdu juures rummul istuks $H7$ ja völliil $f7$ ning hamba laiuse istuks rummul $F8$ ning völliil $f7$ (jutt on kas välis- või siseläbimõõdul tsentreeritud liidetest).

Samad istud võib valida ka evolventhammasliite puhul välisel läbimõõdul tsentreerimisel (ringjoone evolventideks nimetatakse kõveraids, mida kujundavad ringjoonel libisemata veereva puutuja kõik punktid. Evolvent-hammasliite külgpindadel on evolventprofiil).

5.3.7. Liistliidete tolerantsid ja istud

Liistusoonel võib normaalse liitega liistu puhul näiteks valida völliil liistu pesa laiuse tolerantsiväljaks $N9$, rummu liistusoone laiuse tolerantsil $js9$ ja liistu laiuse tolerantsil $h9$.

5.3.8. Laagrite paigaldamise tolerantsid

Muutumatu suunaga koormuse korral pöörleva sisevõruga kuul- ja rull-laagri paigaldamisel võib näiteks kasutada võllil tolerantsivälja $h6$ ja aval $H7$, pöörleva välisvõru puhul aga võllil $h6$ ja aval $P7$.

5.3.9. Tolerantside ja istude märkimine joonisele

Lubatud hälbed võib joonisele kanda numbriliste väärtustega

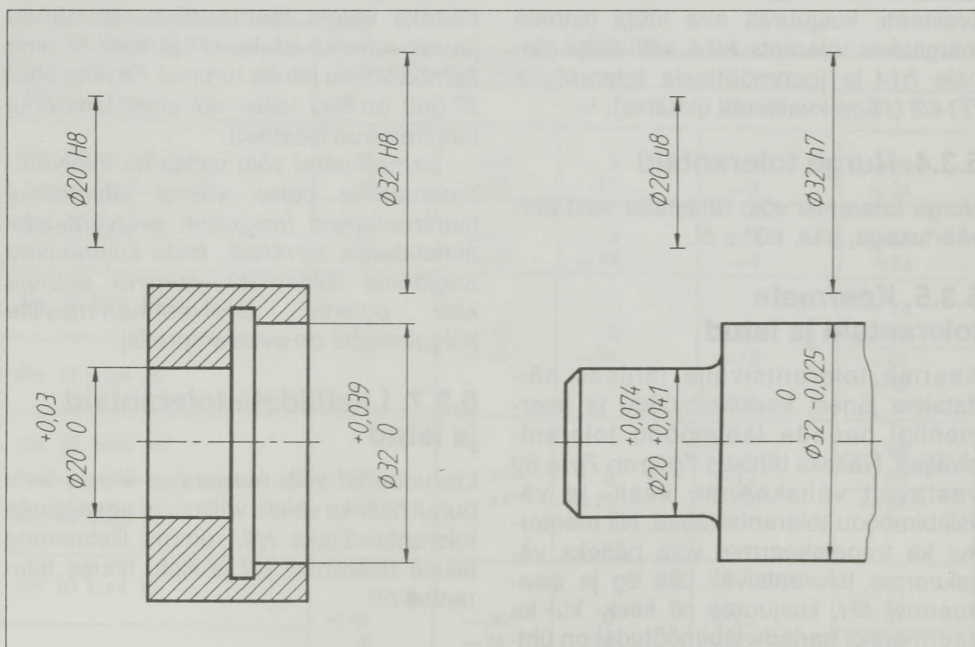
(näit. $\varnothing 32 \begin{smallmatrix} -0,025 \\ -0,064 \end{smallmatrix}$), tingtähisega (näit $\varnothing 32f8$) või täheliste kui ka numbriliste väärtustega

näit. $\varnothing 32f8 \begin{smallmatrix} (-0,025) \\ (-0,064) \end{smallmatrix}$.

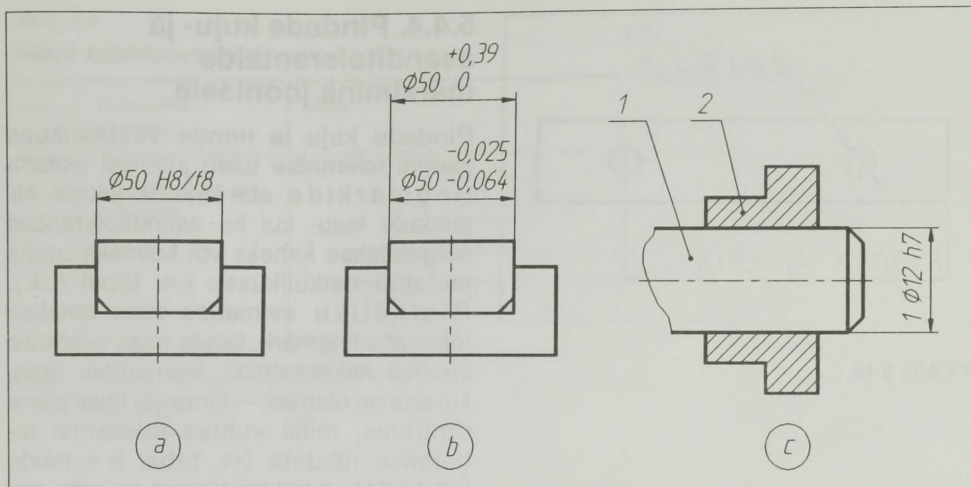
Ülemine hälve peab asetsema alumise kohal üleval (joon. 5.16). Nimimõõtme suhtes sümmeetriliselt paikneva tolerantsivälja korral kirjutatakse hälbe absoluutväärtusmärgi abil nimimõõtme järele (näit. $65 \pm 0,015$).

Madala täpsusastmega ja sama tähisega korduvaid tolerantsivälju ei kirjutata joonisel nimimõõtmete juurde. Neid võib anda tehniliste nõuete osas näiteks järgmiselt: $H14$, $h14$, $\pm IT14/2$.

Koostus olevate detailide nendele mõõtmetele, mis garanteerivad vajaliku istu, märgitakse haarava ja haaratava detaili tolerantsiväljad nimimõõtme järele murru kujul (joon. 5.17, a). Kui on tarvis märkida koostus olevate detailide mõõtmete juurde hälbed, näidatakse nominaalmõõdet kaks korda, kusjuures üleval on ta koos ava hälvetega ja all koos võlli hälvetega (joon. 5.17, b). Kui hälve



JOONIS 5.16.



JONIS 5.17.

antakse ainult ühele kaaspindadest, tuleb positsiooninumbri ära määrata, kummale detailile see kuulub (joon. 5.17, c).

5.4. PINDADE KUJU- JA ASENDITOLERANTSID

5.4.1. Pinna kujuhälve

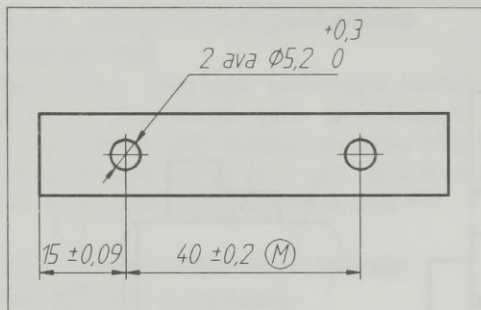
Pinna kujuhälve on reaalse pinna või profiili kuju erinevus geomeetrilise pinna või profiili kujust. Kujuhälvete määramisel on lähteks piirdepind või piirdeprofiil (tasapind, silinder, ringjoon, jne.), mis on kujuteldav reaalselt pinda puudutav geomeetriline pind. Tegelikuses piirdepind realiseeritakse kontrollplaatide, kontrolljoonlaudade jne. abil. Lubatavate kujuhälvete arväärtused olenevad pindade mõõtmetest ja kasutatavast täpsusastmest ning need antakse vastavates standardites.

5.4.2. Pinna asendihälve

Pinna asendihälbeks nimetatakse vaadeldava pinna ja tema nimiasendi vahelist kaugust, pinna telje või sümmeetriatasapinna hälvet l ä h t e s t (lähe on pindade, joonte või punktide kogu, mille suhtes määratakse pinna asend) või pindade vastastikuse nimiasendi hälvet. Pindade asendihälvete määramisel asendatakse tegelikud pinnad piirdepindadega, seega pindade kujuhälbeid arvesse ei võeta (välja arvatud radiaal- ja otsviskumisel).

Asenditolerantsid võivad olla sõltuvad ja sõltumatud. Sõltuv asenditolerants ei ole määratud ainult asendi piirrhälbe antud väärtusega, vaid sõltub veel vaadeldavate pindade mõõtmete tegelikest hälvetest. Näiteks plaadis on kinnitusdetailide Ø5 mm jaoks kaks ava

+ 0,3
Ø 5,2 0 telgedevahelise kauguse piirhälvetega ±0,2 mm (sõltuv tolerants tähistatakse (M)). Joonisel 5.18 antud piirhälbed ±0,2 mm on määratud ava



JOONIS 5.18.

Ø 5,2 mm puhul. Suurema telgedevahelise hälbe puhul ei mahuks kinnitusdetailid Ø 5 enam avadesse. Kui aga avadel on suurim lubatud läbimõõt, s.t. 5,5 mm, võib telgedevaheline hälve olla $\pm 0,5$ mm. Järelikult sõltub lubatud hälve avade tegelikest mõõtmetest ja peab olema $\pm 0,2$ mm vaid avade minimaalse läbimõõdu korral.

Sõltumatuks nimetatakse asenditolerantsi, mis ei sõltu vaadeldavate pindade mõõtmetest. Tolerantsid määratakse sõltumatutena mehhanismi õigete töötingimuste saavutamiseks (mitte aga montaaži seisukohalt) ja nendest peab valmistamisel täpselt kinni pidama.

5.4.3. Summaarne kuju- ja asendihälve

Peale pinna- ja kujundihälbe esineb mõningaid hälbeid, mis on samaaegselt nii pinna- kui ka kujuhälbed. Näiteks tabelis 5.4. nr.11 "Viskumise tolerants" määrab samaaegselt kolm lubatud hälvet: radiaalviskumise tolerantsi, otsviskumise tolerantsi ja suvaliselt valitud suunas viskumise tolerantsi.

5.4.4. Pindade kuju- ja asenditolerantside märkimine joonisele

Pindade kuju ja nende vastastikuse asendi tolerantsi tuleb joonisel esitada tingmärkide abil kujutise juures. Nii pindade kuju- kui ka asenditolerantsid paigutatakse kaheks või kolmeks osaks jaotatud ristkülikusse (vt. tabel 5.4.). Ristküliku esimeses osas antakse tolerantsi tingmärk, teises osas tolerantsi väärtus millimeetrites, kolmandas osas, kui see on olemas — lähte või teise pinna tähttähis, mille suhtes tolerantsi tahetakse näidata (vt. tabel 5.4 näide 6,9,10,11). Juhul kui lähteid on mitu, antakse nende kõikide tähised. Siinjuures tuleb kasutada niisuguseid tähttähisteid, mida samal joonisel veel ei ole kasutatud.

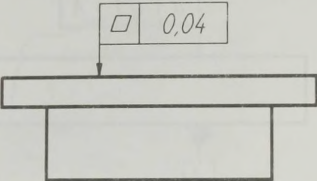
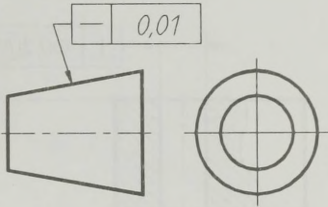
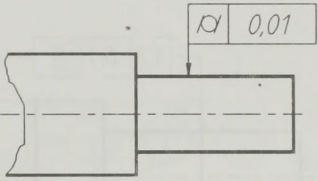
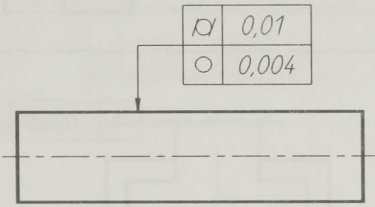
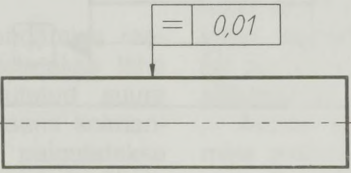
Ristkülik koos jaotusjoontega joonestatakse pideva peenjoonega ($s/2 \dots s/3$). Ristkülikusse kantavate numbrite ja tähiste kõrgus on sama nagu joonisel antud mõõtarmudelgi. Ristkülik peab olema $2 \dots 3$ mm kõrgem kui kiri, mis sinna kantakse.

Raam ühendatakse noolega lõppeva väljakandejoone abil normitava pinna kontuurjoone või tema pikendusega. Raami ja pinda siduva ühendusjoone siht ja noole suund peavad vastama hälbe mõõtsihile (vt. tabel 5.4 näide 2). Tolerantsi määramisel telje või sümmeetriaspinna suhtes peab ühendusjoon olema mõõtjoone pikenduseks (vt. näide 8), pinna ja profiili hälvete puhul ei tohi see aga nii olla.

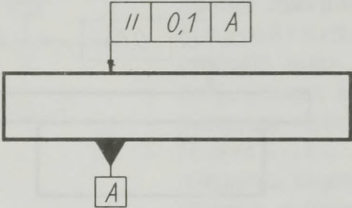
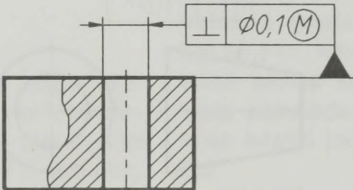
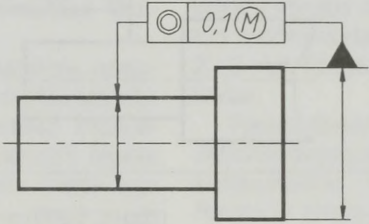
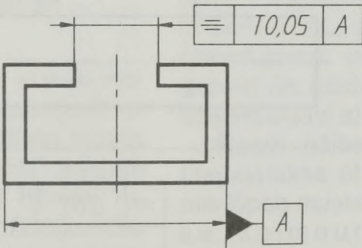
Raam hälbe tähise ja tolerantsiga ühendatakse ühtlasi lähtega joone abil, mis lõpeb mustaks täidetud võrdkülgse kolmnurgaga. Kolmnurk võib olla ka mustaks värvimata (vt. tabel 5.4 näide 11). Kolmnurga kõrgus peab olema ligikaudu võrdne mõõtarmude numbrite kõrgustega. Kui lähteks on pind või tema profiil, siis kolmnurga alus peab asuma pinna kontuurjoonel või selle pikendusel (vt. näide 6); telje või sümmeetrias-

Tabel 5.4

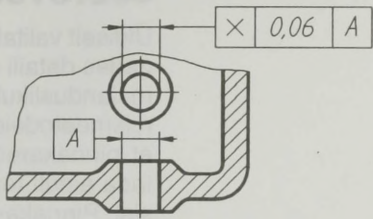
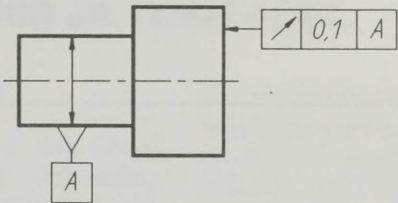
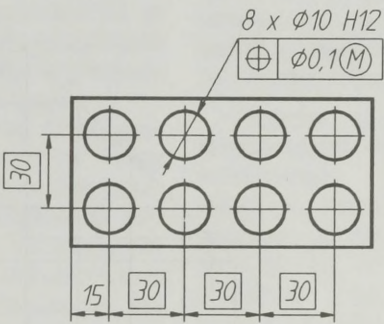
Näited kujutolerantsidest

Nr.	Tolerantsi nimetus	Tähis	Selgitus
1.	Tasapinnalisuse tolerants		Pinna tasapinnalisuse tolerants 0,04 mm
2.	Sirgsuse tolerants		Koonuse moodustaja sirgsuse tolerants 0,01 mm
3.	Silindrilisuse tolerants		Silindrilisuse tolerants 0,01 mm
4.	Ümaruse tolerants		Silindrilisuse tolerants 0,01 mm, ümaruse tolerants 0,004 mm
5.	Pikiprofiili tolerants (ainult silindrilistele pindadele)		Pikiprofiili tolerants 0,01 mm

Tabel 5.4 järg

Nr.	Tolerantsi nimetus	Tähis	Selgitus
6.	Rööpsuse tolerants		Pinna rööpsuse tolerants pinna A suhtes 0,1 mm
7.	Ristseisu tolerants		Ava läbimõõdust sõltuv telje ristseisu läbimõõdtolerants $\varnothing 0,1$ mm
8.	Samateljelisuse tolerants		Silindrite samateljelisuse tolerants 0,1 mm (sõltuv tolerants)
9.	Sümmeetrilisuse tolerants		Süvendi sümmeetrilisuse tolerants külgpindade suhtes 0,05 mm

Tabel 5.4 järg

Nr.	Tolerantsi nimetus	Tähis	Selgitus
10.	Telgede lõikumise tolerants		Avade telgede lõikumise tolerants 0,06 mm
11.	Viskumise tolerants		Otsviskumise tolerants pinna A suhtes 0,1 mm
12.	Telgede nihe nimiasendist		Avade telgede läbimõõduline kohatolerants \varnothing 0,1 mm

pinna puhul näidatakse kolmnurk mõõtjoonel (vt. näide 9).

Kui lähtelemendi ühendamine raamiga on tülikas, siis tähistatakse lähejoonisel varem mittekasutatud suure tähega, mis kirjutatakse raami kolmandasse ossa. Sama täht paigutatakse ruudukujulisse raami ja ühendatakse täidetud või täitmata võrdkülgse kolmnurgaga (vt. näide 9).

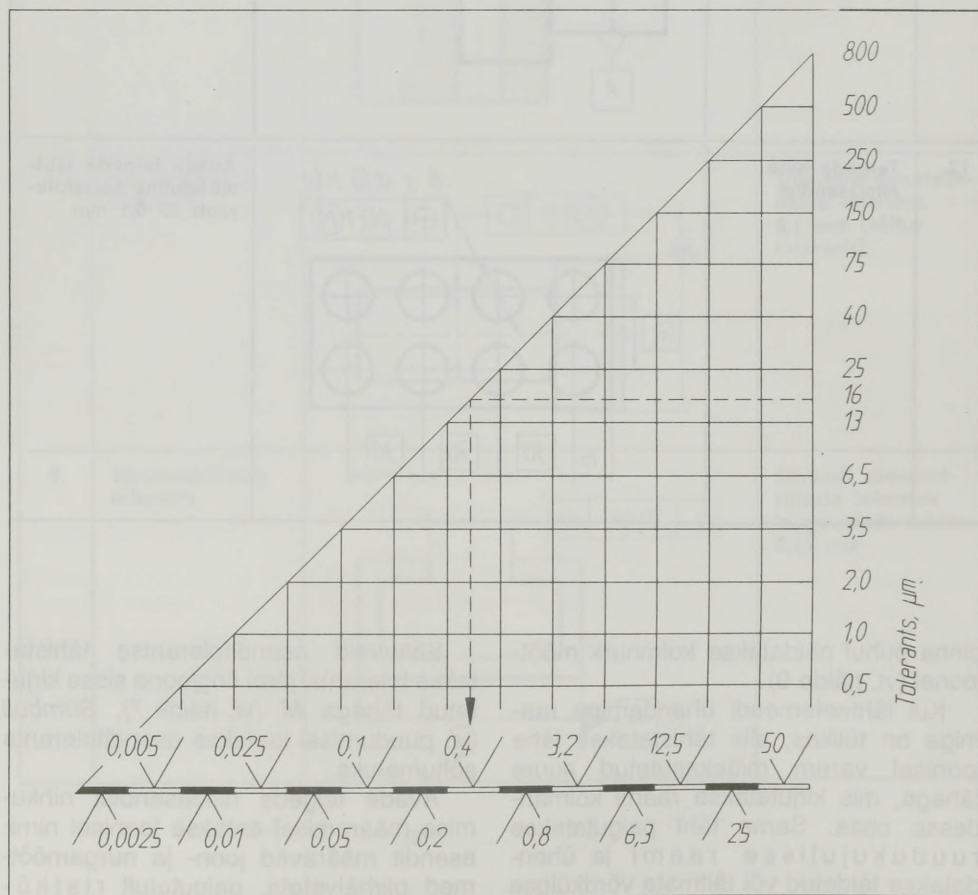
Sõltuvaid asenditolerantse tähistatakse tolerantsi järel ringjoone sisse kirjutatud tähega *M* (vt. näide 7). Sümboli \textcircled{M} puudumisel loetakse asenditolerants sõltumatuks.

Avade telgede nimiasendist nihkumise määramisel antakse joonisel nimi-asendit määravad joon- ja nurgamõõtmepiirhálveteta, paigutatult ristkülikukujulistesse raamidesse.

Raamid näitavad, et telgede kohatolerantse tuleb otsida mujalt. Näite 12 puhul on avade telgede silindrikujuliste tolerant-siväljade läbimõõt 0,1 mm.

5.5. PINNA VALMISTAMISTÄPSUSE JA PINNAKAREDUSE VAHELINE SÕLTUVUS

Üldiselt valitakse pinnakaredus silmas pidades detaili ekspluatatsioonitingimusi ja majanduslikult põhjendatud pinnatöötlemismeetodeid. Tuleb aga veel arvestada, et pinnakareduse väärtus võib moodustada ainult teatava osa mõõtme tolerant-sist. Pinnakareduse ja tolerantsi vaheline sõltuvus on joonisel 5.19



JOONIS 5.19. Pinnakareduse ja tolerantsi vaheline sõltuvus

6. KOOSTEJOONIS JA TÜKITABEL

6.1. KOOSTEJOONIS

Koostejoonis on dokument, mis annab üksikdetailidest koostatava toote kokku-monteerimiseks ning kontrollimiseks vajalikud kujutised ja tehnilised andmed. Sellest tingitult valitakse kujutised nii, et selguks toote kõigi detailide vastastikune asend ja seadme tööprintsip ning koostu gabariidid (pikkus, laius, kõrgus).

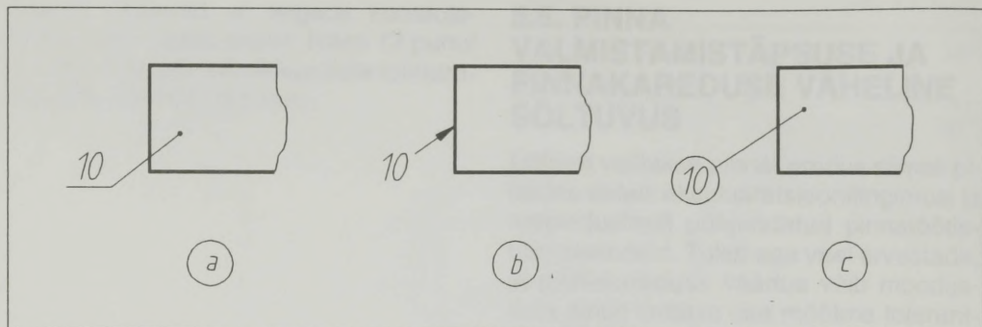
Kõige ülevaatlikum peab koostejoonisegi puhul olema *p e a k u j u t i s*. Tuleb jälgida, et koostejoonisel oleks ühe ja sama detaili viirutuse kalle lõigetes ja ristlõigetes ühesuunaline ja viirutusjoonte vahekaugus ühesugune. Kokkupuutuvad detailid viirutatakse erinevas suunas, kui aga see võimalik pole, tuleb viirutusjoonte vahekaugust muuta või kõrvalseisva viirutuse suhtes nihutada.

Koostejoonisel varustatakse iga detail ja joonisel kujutatud koostu koosseisu kuuluv väiksem koost *n u m b r i g a*, mis loob vastavuse joonise ja tükitabeli vahel. Vajaduse korral võib numbriks lisada ka tähe. Numbrit ja tähtede kuju ning mõõtmed peavad vastama standardkirja nõuetele ning olema ühel ja samal joonisel kirjutatud ühesuguse kõrgusega ja samas kirjaviisis. Nad tuleb selgelt eristada kõigist teistest joonisel olevatest tähistest ja mõõtarmidest, kasutades suurema kõrgusega numbreid,

mis kirjutatakse viitejoone laudile joonise kirjanurga suhtes paralleelselt (joon. 6.1, a). Koostu osade tähiste eristamiseks võib nad ümbritseda ühesuuruste pideva peenjoonega joonestatud ringidega (joon. 6.1, c). Samuti lubatakse kirjutada tähised ilma laudita (joon. 6.1, b). Ühel ja samal joonisel tuleks kasutada vaid ühte märkimismeetodit.

Parema loetavuse huvides tuleb koostisosade tähised märkida kujutise kontuuridest väljapoole, grupeerides viitejoone laudid vertikaalsetesse veergudesse ja rõhtsatesse ridadesse. Nii laudi kui ka viitejoon tõmmatakse välja pideva peenjoonega. Viitejoon peab laudi suhtes olema nurga all ja lõpema vastaava kujutise pinnal punktikesega või ruumpuudusel kontuurile näitava noolega (joon. 6.1, b). Viitejooned ei tohi omavahel lõikuda, peavad olema võimalikult lühikesed ning kulgema viirutuse kaldest erineva kalde all. Praktikas on välja kujunenud laudi pikkuseks umbes 10 mm. Viitejoon võib ka ära jääda, kui detaili seos tähisega on ilmne. Ringiga ümbritsetud tähistega korral peavad viitejooned olema suunatud ringjoone tsentrisse.

Ühesugustele detailidele võib viidata vaid üks kord, kui joonis on üheselt mõistetav. Omavahel ühendatud osade



JOONIS 6.1. Osade tähistamine joonisele

tähised võib paigutada ühele viitejoonele (joon. 6.2 osad 10 ja 11).

Joonise selguse huvides tuleb koostisosade numbrite järjestamisel lähtuda:

- võimalikust koostamise järjekor-
rast;
- koostisosade tähtsusest (koostu
koosseisus olevad alakoostud, suure-
mad detailid, väiksemad detailid jne.);
- mõne muu loogiliselt põhjendatud
tunnuse kohaselt (näiteks tähes-
tikulises järjekorras).

Soovitav on esmalt viitenumbri-
ga varustada koostu koosseisu kuuluvad
alakoostud, siis detailid, standardsed
tooted, materjalid ja komplektid.

Koostejoonisele kantakse gabariidi-
mõõtmed (pikkus, laius, kõrgus) ning
mõõtmed, millega tuleb arvestada koostu
kokkumonteerimisel (koo's lubatud häl-
vetega) ning ühendamisel teiste koos-
tudega (näiteks kinnitusääriku, äärikus
olevate avade ning avade jaotusringjoone
mõõtmed). Mõõtmetega näidatakse ka
koostu kontuurist väljalikuvate osade li-
ikumise ulatus. Koostejoonise näide on
joonisel 6.2.

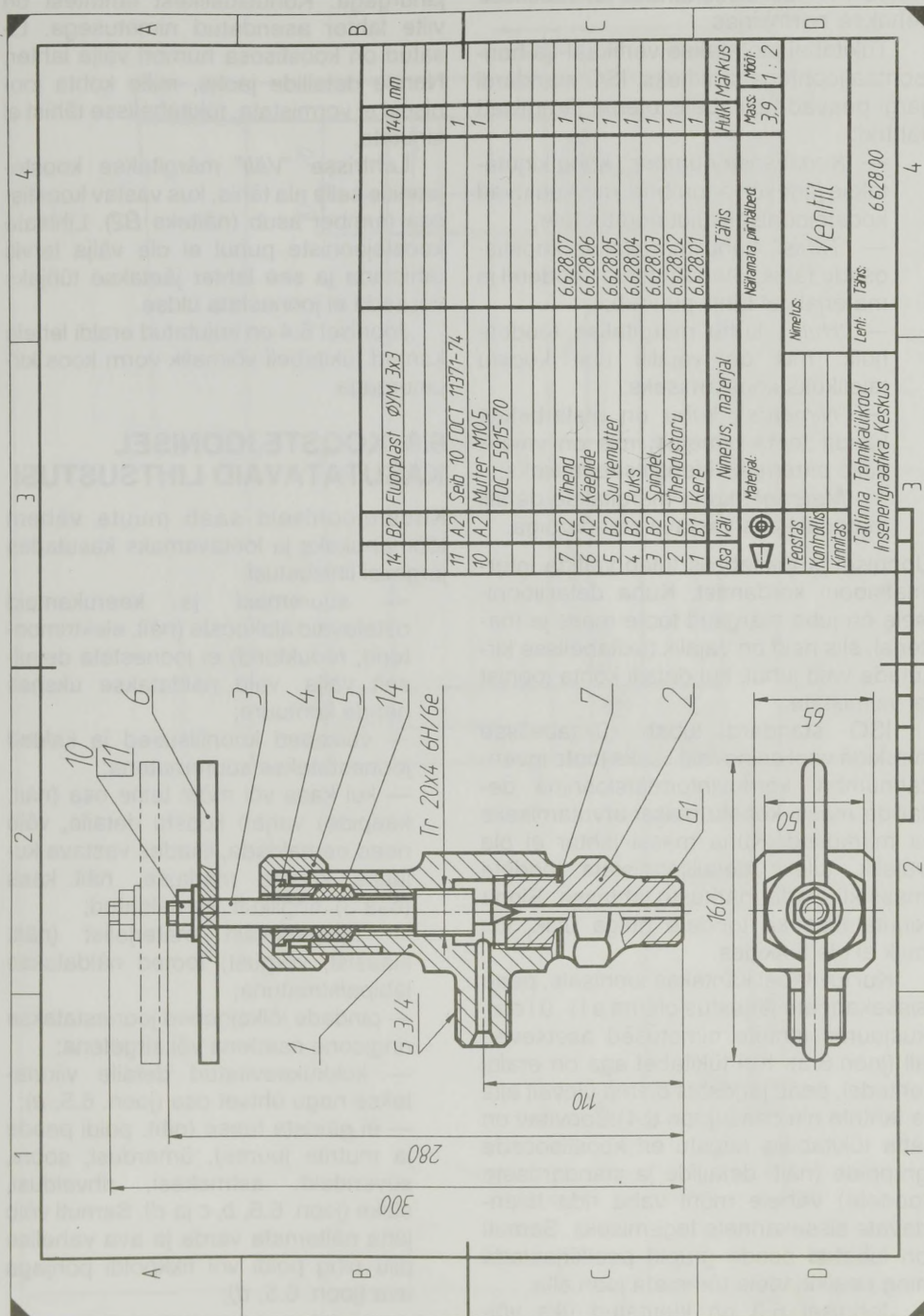
6.2. TÜKITABEL

Tükitalabeliks nimetatakse dokumenti, mis
sisaldab koostu koostisosade loetelu
(alakoostud, detailid, standardsed tooted,
materjalid, komplektid). See on vajalik
toote valmistamiseks, konstruktsioon-
dokumentatsiooni komplekteerimiseks ja
tootmise käivitamise planeerimiseks.
Kõigil tükitabelis näidatud osadel peavad
olema samad tähised, mis on kooste-
jooniselgi.

ISO standard määrab kindlaks vaid
üldised põhimõtted ja soovituselised tüki-
tabeli joonestamiseks. Seepärast peaks iga
projektorganisatsioon leidma enda jaoks
kõige sobivama tükitabeli vormi.

Tükitalabel koostatakse eraldi leh-
tedel või ühildatakse kooste-
joonisega. Tükitalabel on otstarbekas
koostada eraldi lehtedele suure hulga
(mitmekümne) detailide korral. Vastasel
juhul on soovitatav kanda see joonisele.
Kui tükitabel asetseb koostejoonisel, siis
peavad tema read olema paralleelsed kir-
janurgaga ja kontuurid joonestatud
pideva jämejoonega. Tükitalabel kantakse
koostejoonise esimesele lehele.

Eraldi lehtedel (formaadis A4) oleval
tükitabelil peab olema kirjanurgas see-
sama tähis, mis koostejooniselgi. Et eris-
tada neid tähiseid, kirjutatakse tükitabeli
tähistele ette märg "Tükitalabel" või ainult



JOONIS 6.2. Koostejoonis

tähed 77. Kõik sissekanded tükitabelisse tehakse normkirjas.

Tükitabel jaotatakse vertikaal- ja horisontaaljoontega lahtriteks. ISO standardi järgi peavad tükitabelis olema järgmised lahtrid:

- "*Koostisosa number*", kuhu kirjutatakse järjekorranumbrid, mis kuuluvad koostejoonisel kujutatud tootele;
- "*Tähis*", kuhu märgitakse koostisosade tähis. Standardsetel toodetel ja materjalidel tähis puudub;
- "*Hulk*", kuhu märgitakse toodete hulk, mis on vajalik ühe koostu täielikuks koostamiseks;
- "*Nimetus*", kuhu on otstarbekas kanda toote nimetus, mis on vajalik selle paremaks identifitseerimiseks;
- "*Materjal*", kuhu märgitakse detaili materjal koos vastava standardiga.

Joonisel ja tükitabelis tuleb vältida informatsiooni kordamist. Kuna detailijoonisele on juba märgitud toote mass ja materjal, siis neid on vajalik tükitabelisse kirjutada vaid juhul, kui detaili kohta joonist ei valmistata.

ISO standard lubab tükitabelisse märkida veel eelnevale lisaks toote inventarinumbril, korduvinformatsioonina detailide massi koostu massi arvutamiseks ja märkused. Kuna massi lahter ei ole vajalik, tuleks detailijoonisteta toodete mass kirjutada märkuste lahtrisse. Sinna kirjutatakse ka toodete hulga ühik, kui hulk ei ole tükkides.

Kui tükitabel kantakse joonisele, peab sissekannete järjestus olema al t ü l e s, kusjuures lahtrite nimetused asetsevad all (joon.6.3). Kui tükitabel aga on eraldi lehtedel, peab järjestus olema ülevalt alla ja lahtrite niu osas (joon.6.4). Soovitav on jätta tükitabelis koostu eri koostisosade gruppide (näit. detailide ja standardsete toodete) vahele mõni vaba rida täiendavate sissekannete tegemiseks. Samuti on lubatud osade grupid pealkirjastada ning pealkirjadele tõmmata joon alla.

Joonisel 6.3 on kujutatud üks võimalikest tükitabeli vormidest koos kir-

janurgaga. Kohustuslikest lahtritest on viite lahter asendatud nimetusega. Lisatud on koostisosa numbri välja lahter. Nende detailide jaoks, mille kohta jooniseid ei vormistata, tükitabelisse tähist ei kirjutata.

Lahtrisse "*Väli*" märgitakse koostejoonise selle ala tähis, kus vastav koostisosa number asub (näiteks B2). Lihtsate koostejooniste puhul ei ole välja tarvis tähistada ja see lahter jäetakse tühjaks või seda ei joonestata üldse.

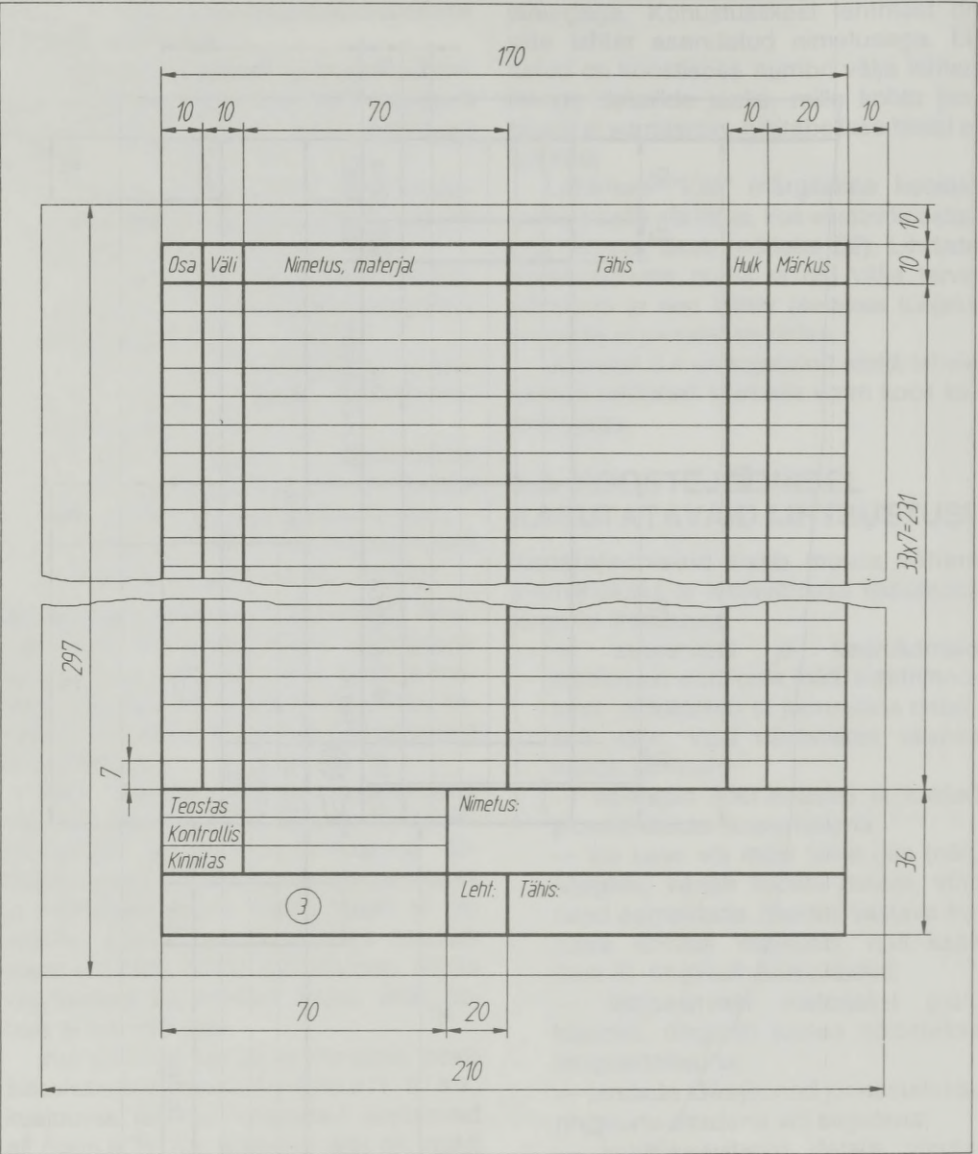
Joonisel 6.4 on kujutatud eraldi lehele kantud tükitabeli võimalik vorm koos kirjanurgaga.

6.3. KOOSTEJOONISEL KASUTATAVAID LIHTSUSTUSI

Koostejooniseid saab muuta vähem töömahukaks ja loetavamaks kasutades järgmisi lihtsustusi:

- suuremaid ja keerukamaid ostetavaid alakooste (näit. elektrimootorid, reduktorid) ei joonestata detailselt välja, vaid näidatakse üksnes nende kontuure;
- väikesed koonilisused ja kalded joonestatakse suurematena;
- kui kaas või mõni teine osa (näit. käepide) varjab koostu detaile, võib need eemaldada, lisades vastava kujutise kohale märkuse, näit. kaas (osa 3) tinglikult eemaldatud;
- läbipaistva materjalist (näit. klaasist, võrgust) tooted näidatakse läbipaistmatuna;
- pindade lõikejooned joonestatakse ringjoone osadena või sirgetena;
- kokkukeevitatud detaile viirutatakse nagu ühtset osa (joon. 6.5, a);
- ei näidata faase (näit. poldi peade ja mutrite juures), ümardusi, sooni, süvendeid, astmekesi, rihveldusi, sälke (joon. 6.5, b, c ja d). Samuti võib jätta näitamata varda ja ava vahelise pilu ning poldi või tikkpoldi põhjaga ava (joon. 6.5, d);

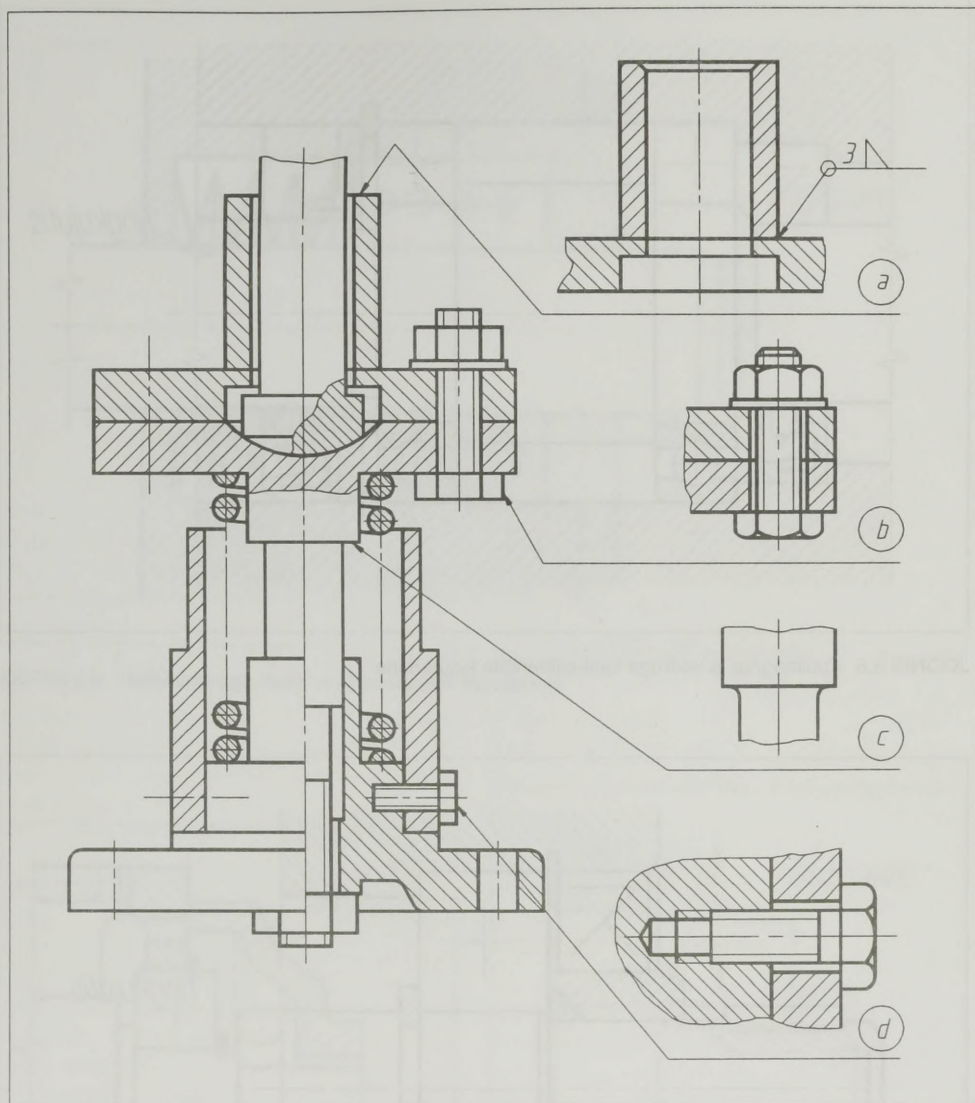
[illegible]



JOONIS 6.4. Tükitabel eraldi lehel

— kui koostu konstruktsioon on niigi arusaadav, võib osa detaile joonestada lõikel mittelõigatuna. Kunagi ei lõigata aga polte, mutreid, kruvisid,

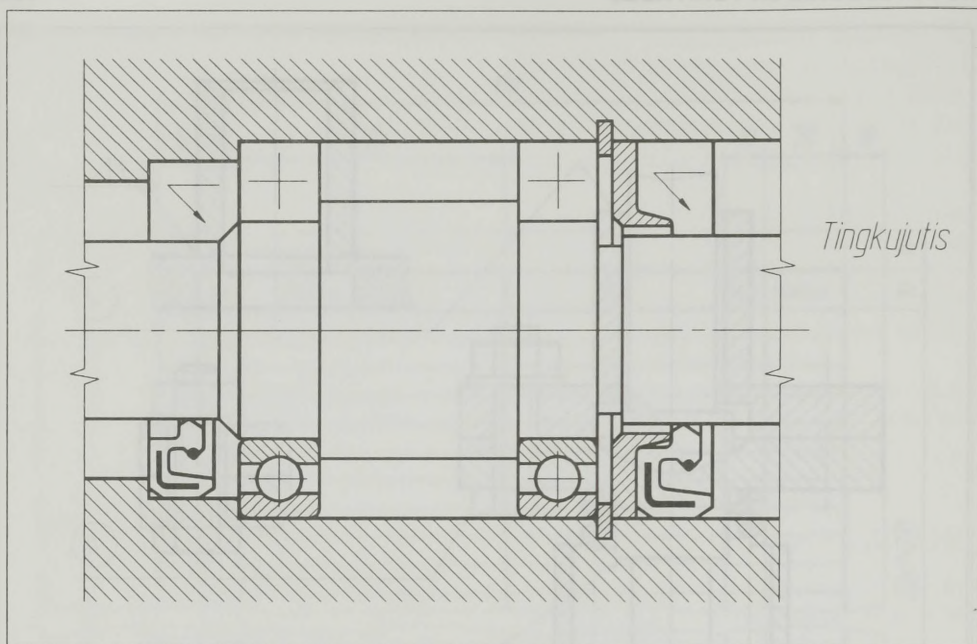
seibe, neete, liiste ja kuule. Samuti ei lõigata völli, vardaid, telgi, spindleid, käepidemeid. Kui nendes on avasid, siis tehakse avast kohtlõige;



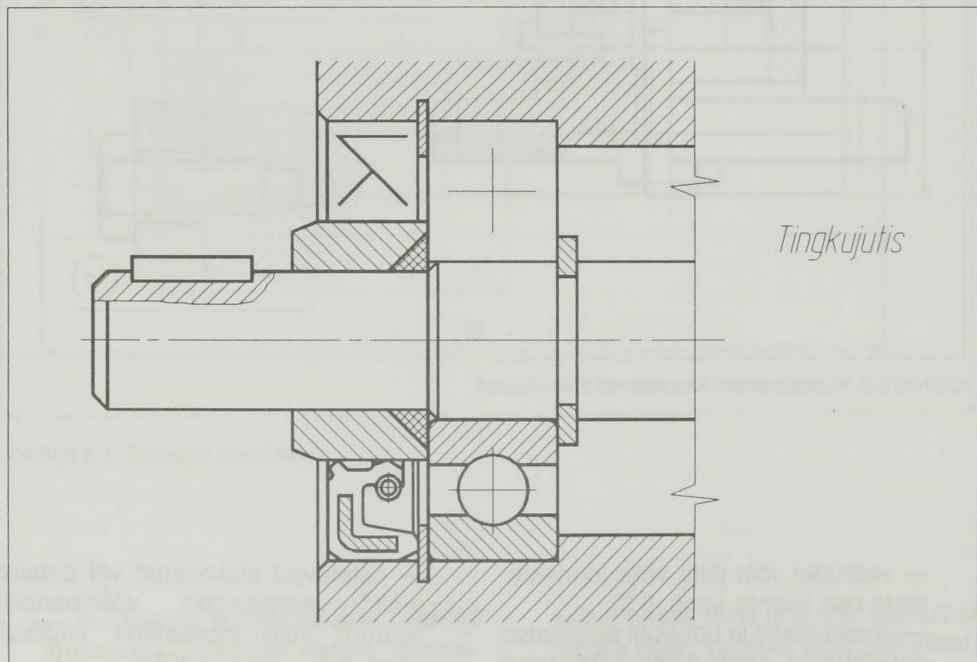
JOONIS 6.5. Koostejoonisel kasutatavad lihtsustused

— vedrudel võib jätta välja joonestamata osa keerde (joon. 6.5);
 — ühesugused ja ühtlaselt paigutatud detailid (näit. kinnitusdetailid), samuti detaili elemendid (nagu hambad, avad) võib näidata vaid üks kord;

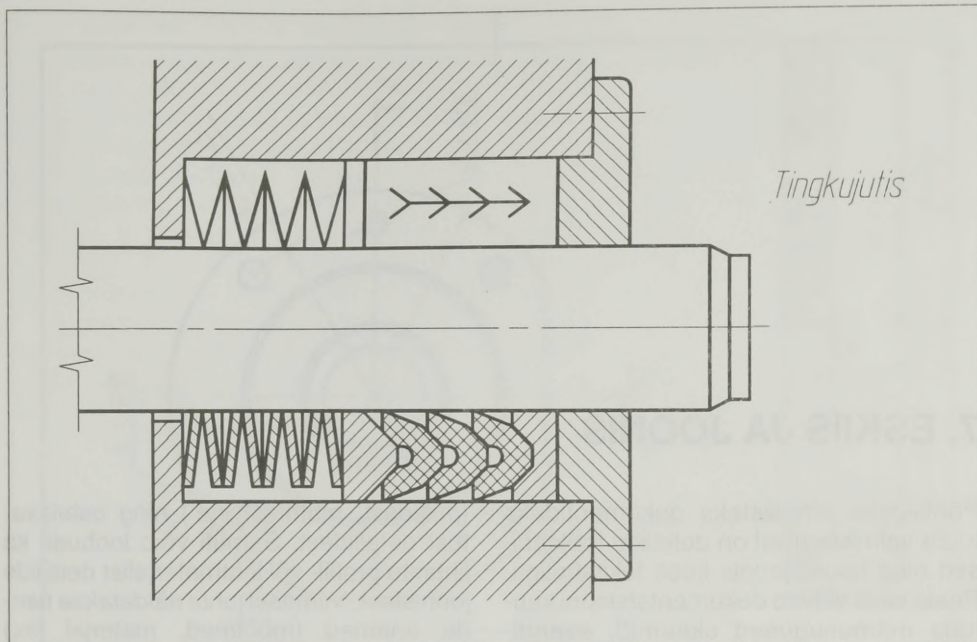
— otetavad alakoostud või detailid (näit. veerelaagrid, võllitihendid, vedrud) võib joonestada tinglikult (joon. 6.6 — joon. 6.10);
 — kaelustihendeid lõikes ei viirutata (joon. 6.6 ja 6.7).



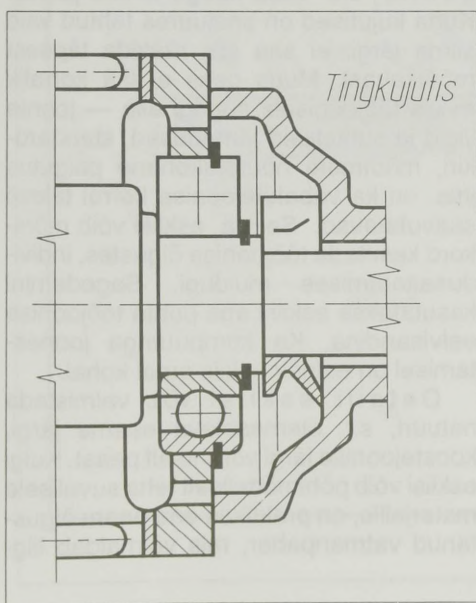
JOONIS 6.6. Kuullaagrite ja vedruga kaelustihendite kujutamine



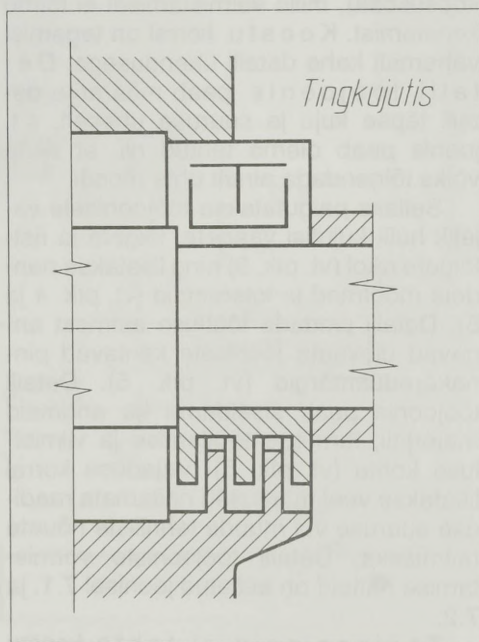
JOONIS 6.7. Tolmupüüdeservaga kaelustihendi kujutamine



JOONIS 6.8. Taldrikvedruga mansett-tihenditepaki kujutamine



JOONIS 6.9. Laupmansett-tihendi kujutamine



JOONIS 6.10. Labürinttihendi kujutamine

7. ESKIIS JA JOONIS

Põhilisteks tehnilisteks dokumentideks toote valmistamisel on detailide tööjoonised ning koostejoonis koos tükitabeliga. Peale selle võivad dokumentatsiooni kuuluda mitmesugused skeemid, asendiplaanid, instruksioonid, materjalide koondtabelid ja muud.

Detail on kõige elementaarsem toode (tavaliselt siiski suurema toote koostisosas), mille valmistamisel ei toimu koostamist. Koostu korral on tegemist vähemalt kahe detaili ühendusega. Detaili tööjoonis peab määrama detaili täpse kuju ja suuruse üheselt, s.t. joonis peab olema tehtud nii, et seda võiks tõlgendada ainult ühte moodi.

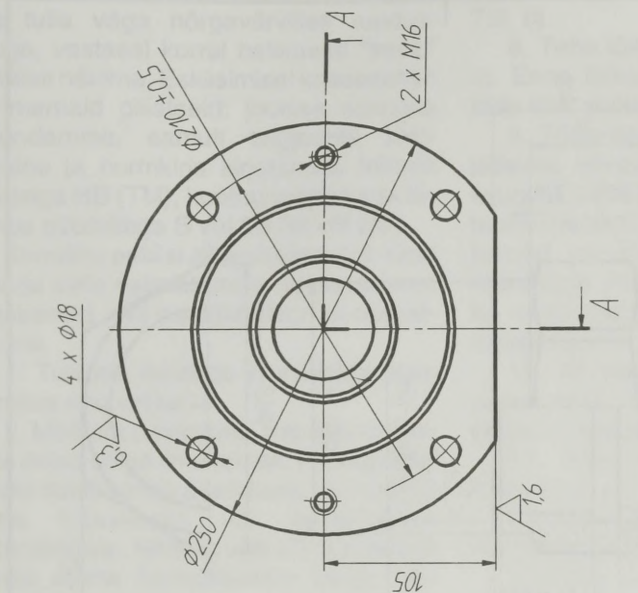
Selleks paigutatakse tööjoonisele vajalik hulk kujutisi vaadete, lõigete ja ristlõigete näol (vt. ptk. 3) ning lisatakse nendele mõõtmed ja tolerantsid (vt. ptk. 4 ja 5). Detaili pindade töötamise astmest annavad ülevaate joonisele kantavad pinnakaredusmärgid (vt. ptk. 5). Detaili tööjoonis peab sisaldama ka andmeid materjali, termilise töötlemise ja viimistluse kohta (vt. ptk. 5). Vajaduse korral lisatakse veel märkused näitamata raadiuse suuruse või muude tehniliste nõuete täitmiseks. Detaili tööjooniste vormistamise näiteid on esitatud joonisel 7.1. ja 7.2.

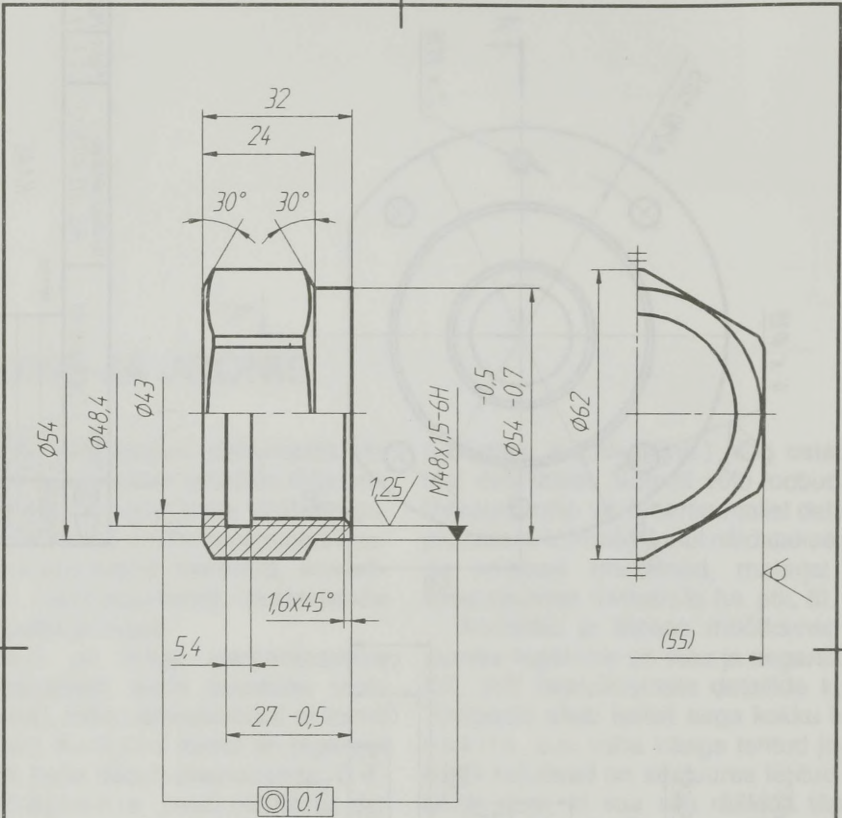
Tööjooniseid ei tehta koostu kuuluvatest standardsetest toodetest

(poltidest, mutritest jne.) ning ostetavatest detailidest. Samuti võib loobuda ka lihtsate profiil- või lehtmaterjalist detailide joonistest. Viimasel juhul näidatakse nende andmed (mõõtmed, materjal jm.) koostejoonise tükitabelis (vt. ptk. 6).

Korraliku ja täpses mõõtkavas tööjoonise tegemine on suur ja aeganõudev töö, eriti keerulisemate detailide korral. Tihti peale aitab kallist aega kokku hoida eskiis, s.o. vaba käega tehtud joonis. Kuna kujutised on seejuures tehtud vaid silma järgi, ei saa siin rääkida täpsest mõõtkavast. Muus osas ei jää korralik eskiis tööjoonisele sugugi alla — joonte liigid ja suhtelised jämedused, standardkiri, mõõtmete nõutetekohtade paigutus jms. on ka vabakäejoonise korral täiesti saavutatavad. Seega eskiisi võib mõnikord kasutada tööjoonise õigustes, individuaaltootmises muidugi. Sagedamini kasutatakse eskiisi aga puhta tööjoonise eelvisandina. Ka kompuutriga joonestamisel on eelnev eskiis omal kohal.

Detaili eskiisi võib valmistada natuuri, s.t. olemasoleva eseme järgi, koostejoonise järgi või lihtsalt peast. Kuigi eskiisi võib põhimõtteliselt teha suvalisele materjalile, on praktikas end enam õigustanud vatmanpaber, mis võimaldab liig-





1. Oksideerida

2. $\sqrt[10]{\quad}$ ($\sqrt[10]{\quad}$, $\sqrt[10]{1,25}$)

	Materjal:	55-5 ГОСТ 8560-67	Märkimata pinnalbed:	Mass:	Mööd:
	Kuuskant	45 ГОСТ 1961-73	H13, h13, ±IT14/2	0,211	1:1
	Teostas	R.Tamm	Nimetus:		
	Kontr.	U.Kask			
	Kinnitas	M.Lepp	Survemutter		
Tallinna Tehnikaülikool			Leht:	Tähis:	
			1	5.621.03	

seid jooni ka ohutult kustutada. Tihti soovitatav ruuduline paber võiks kõne alla tulla väga nõrgavärvilise ruudustikuga, vastasel korral hakkavad "trellid" pilti liialt häirima. Eskiisimisel kasutatakse pehmemaid pliiatseid: joonise esialgne kujundamine, samuti telgjoonte tõmbamine ja normkirja kirjutamine toimub pliiatsiga HB (TM), kontuurjooned aga tehakse pliiatsitega B või 2B (M või 2M).

Korraliku eskiisi saamiseks tuleb kinni pidada selle valmistamise ratsionaalsest järjekorrast, mis sisaldab järgmisi operatsioone.

1. Tutvuda detailiga ja määrata selle nimetus ning otstarve.

2. Määrata peakujutis, mis iseloomustaks detaili kõige ilmekamalt. Peakujutisel tuleks detail seada asendisse, mis vastab tema tööasendile või valmistamise tehnoloogiale. Näiteks võlli või telje asend peaks olema horisontaalne (nagu treipingis töötlemisel).

3. Teha kindlaks teised kujutised (vaated, lõiked, ristlõiked). Kujutiste hulk peaks olema minimaalne, kuid piisav eseme kuju üheseks määramiseks.

4. Valinud eelneva põhjal sobiva formaadi, tõmmata raamjoon ja paigutada kirjanurk. Kirjanurk võib olla ka lihtsusstatud, kuid peaks sisaldama andmeid detaili (tähis, nimetus, materjal) ja eskiisi autori ja kuupäeva kohta.

5. Määrata kindlaks kujutiste paigutus lehel ja tõmmata kõigi kujutiste jaoks telgjooned.

6. Joonestada kõigis kujutistes õrna peenjoonega välja detaili koostiselementideks olevate geomeetriliste vormide piirjooned, säilitades detailide üksikute osade proportsioonid ning pidades kinni kujutistevahelisest projektsioonilisest seosest (joon. 7.3, a). Seejuures tuleks ettenägelikult varuda küllaldaselt ruumi mõõtmete paigutamiseks (põhimõttel — mida keerulisema kujuga detail, seda rohkem mõõtmeid).

7. Joonestada detaili üksikelemendid — avad, ümardused, faasid jne. (joon. 7.3, b).

8. Teha lõiked ja ristlõiked (joon. 7.3, c). Enne lõikepindade viirutamist kustutada kõik abijooned.

9. Tõmmata distants- ja mõõtjooned, pidades silmas mõõtjoonte omavahelist kaugust (vähemalt 7 mm) ja kaugust kontuurjoonest (vähemalt 10 mm). Mõõtjooned varustada nooltega ning kuju-märkidega (R, Ø, □, ○). Nagu kujutisi, nii ka mõõtmeid peaks olema minimaalselt vajalik hulk (vt. ptk. 4).

10. Mõõta detail ja kirjutada mõõt-arvud vastavatele mõõtjoontele, kasutades kõikjal ühesuurst standardkirja.

11. Kanda eskiisile pinnakareduse märgid (vt. ptk. 5).

12. Tõmmata kontuurjooned üle pehme pliiatsiga (B või 2B ehk M või 2M).

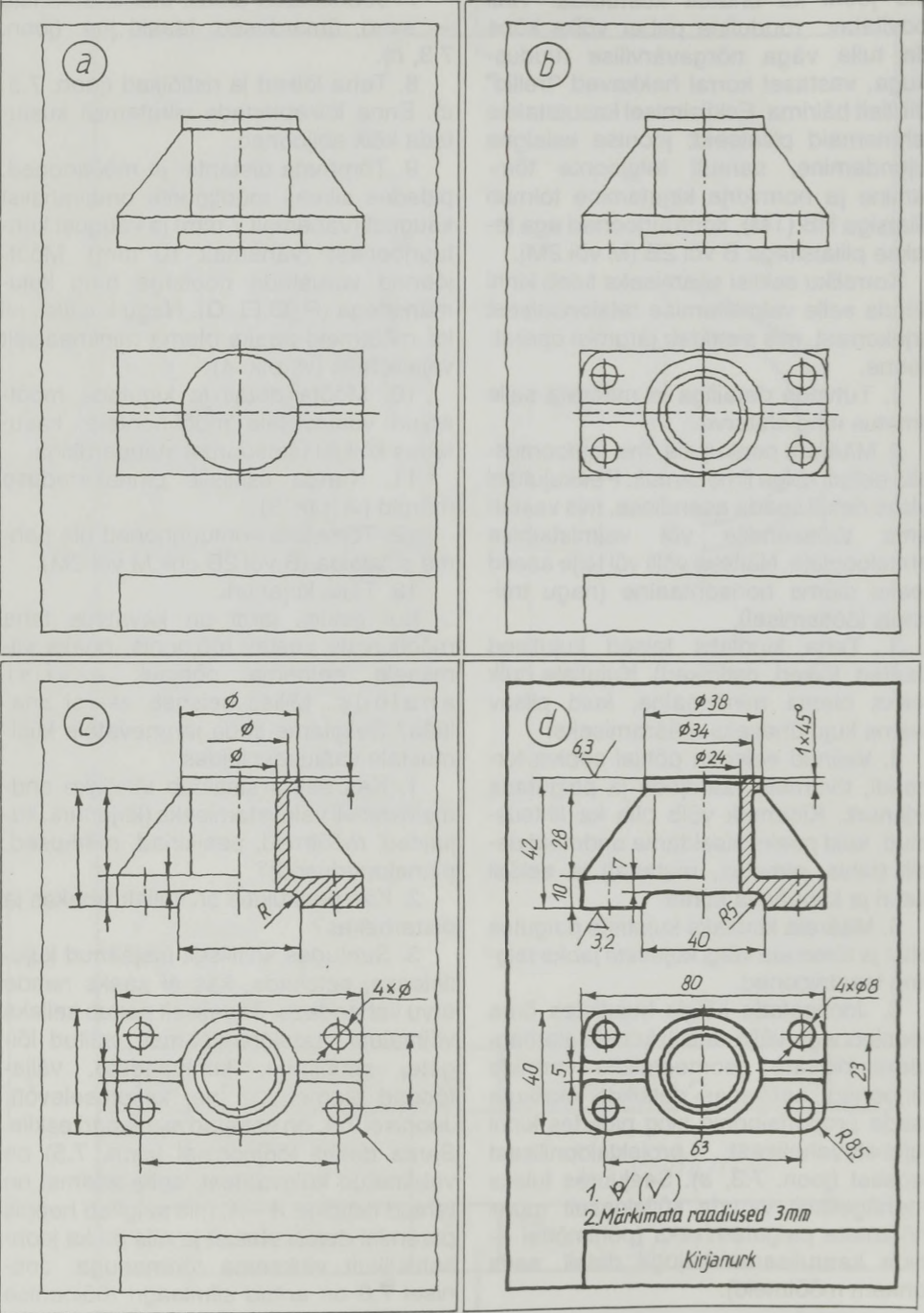
13. Täita kirjanurk.

Kui eskiisi järgi on kavatsus teha mõõtkavale vastav tööjoonis, peaks viimasele eelnema põhjalik eskiisi analüüs. Milles seisneb eskiisi analüüs? Selgitame seda järgnevatele küsimustele vastuseid leides.

1. Kas eskiis sisaldab täielikke andmeid detaili valmistamiseks (kirjanurk, kujutised, mõõtmed, pealkirjad, märkused, pinnakaredused)?

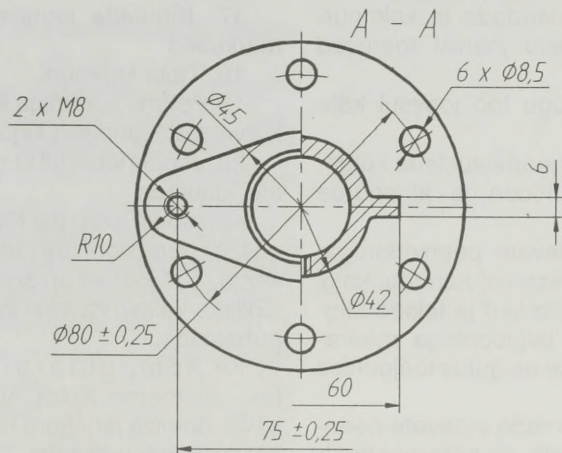
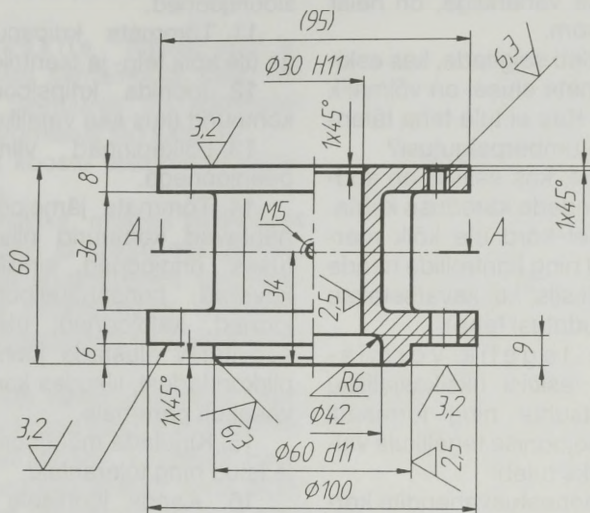
2. Kas peakujutis on küllalt ilmekas ja otstarbekas?

3. Suhtudes kriitiliselt ülejäänud kujutistesse, selgitada, kas ei saaks nende arvu vähendada. Tavaliselt pakub selleks võimalusi ratsionaalsemalt valitud lõigete, ristlõigete, kohtvaadete, välja-toodud elementide jne. kasutuselevõtt. Joonisel 7.4. on esitatud silmlaagri eskiis. Sama detaili tööjoonisel (joon. 7.5) on vabanetud külgvaatest, selle asemel on tehtud ristlõige A—A, mis selgitab hoopis paremini detaili ehitust ja mis on ka joonestuslikult väiksema töömahuga. Joonisel 7.6 on antud silmlaagri tööjoonise teine variant, kus ärajäetud ristlõiget korvab pealtvaatega kokkujoonestatud lõige A—A. Niisuguse joonise valmistamine ja



JOONIS 7.3

JOONIS 7.4.⇒



1. ∇ (\checkmark) $\frac{20}{}$
2. Märkimata raadiused 4 mm

	Materjal: C4 15 ГОСТ 1412-79	Märkimata pinnalted: H13, h13, ±IT14/2	Mass: 2,1	Möö: 1:1
Teostas: Kontr.: Kinnitas:	R.Tamm U.Kask M.Lapp	Nimetus: SILMLAAGER		
Tallinna Tehnikaülikool		Leht: 1	Tahis: 02.02.001	

sellest arusaamine nõuab küll suuremaid kogemusi, kuid võrreldes eskiisiga või tööjoonise esimese variandiga, on neist märksa ökonoomsem.

4. Järgnevalt tuleb selgitada, kas eskiisile kantud mõõtmete alusel on võimalik detaili valmistada. Kas ei tule teha täiendusi või mõõtmete ümberpaigutusi?

5. Teha kindlaks, kas eskiisil on andmed detaili kõigi pindade kareduse kohta.

6. Vaadata veel kord üle kõik märkused ja pealkirjad ning kontrollida nende paikapidavust (eriti siis, kui kavatsetakse kujutiste osas muudatusi teha).

Tööjoonise tegelik vormistamine. Pärast eskiisi üksikasjalikku analüüsi ja mõõtsuhte ning formaadi valikut asutakse tööjoonise tegelikule valmistamisele. Selleks tuleb:

1. Kontrollida joonestusvahendite korrasolekut ja puhtust, eriti hoolega puhastada kummiga joonlaudade ja kolmnurkade alumised, vastu joonist toetuvad pinnad.

2. Kontrollida kogu töö jooksul käte puhtust.

3. Kinnitada leht joonestuslaua külge.

4. Tõmmata raamjoon ja kirjanurga raam.

5. Tõmmata pidevate peenjoontega, jooni paberipinna sisse vajutamata, kõigi kujutiste sümmeetriateljed ja teised telgning tsentrijooned; telgjoontega määratakse ühtlasi kujutiste paigutus tööjoonise lehel.

6. Joonestada õrnade pidevate peenjoontega vajalikud abi- ja põhikonstruktsioonid, täiendades kõiki kujutisi üheaegselt, seejuures püüda ühe ja sama sirgli seadega võimalikult palju ühesuursi elemente paika panna.

7. Kanda joonisele pideva peenjoonega distants- ja mõõtjooned, varustades viimased nooleotstega.

8. Tõmmata välja kirjanurga lahtrid ja eriti õrnade joontega kõigi kirjade abijooned; võimaluse korral kasutada kirjanurga templit või kleebist.

9. Kontrollida peenjoonega saadud joonis hoolikalt üle, tehes vajaduse korral

täiendusi või parandusi.

10. Kustutada kõik abi- ja konstruktsioonijooned.

11. Tõmmata kriipspunktpeenjoonega üle kõik telg- ja tsentrijooned.

12. Joonida kriipsjoonega varjatud kontuurid (kus see vajalikuks osutub).

13. Lõikepinnad viirutada pideva peenjoonega.

14. Tõmmata jämejoonega üle kõik nähtavad kontuurid niisuguses järjekorras: ringjooned, sirklikaared, lekaalkõverad, horisontaaljooned, vertikaaljooned, kaldjooned; ületõmbamist on soovitatav alustada joonisel ülemistest piirkondadest, liikudes kord-korralt alla ja vasakult paremale.

15. Kirjutada mõõtjoontele mõõtardud ja istud ning tolerantid.

16. Kanda joonisele pinnakaredusmärgid koos konaruste parameetritega.

17. Kirjutada joonisele pealkirjad ja märkused.

18. Täita kirjanurk.

19. Pehme kummiga kergelt vajutades kõrvaldada jooniselt kirjade abijooned.

20. Joonis lõplikult kontrollida ja sellele alla kirjutada.

Kui joonis tuleb üle tõmmata, tuleb aga, on tööoperatsioonide järjekord üldjoontes sama. Tušijoonist on aga võimalik pärast lõplikku valmimist veel kord kummiga üle puhastada.

Ka kompuutergraafikas (näiteks süsteemis AutoCAD) on tööjoonise kavandamise järjekord üldiselt sama, mis käsitsijoonestamiselgi. Tunduvalt paindlikumad on seejuures aga joonise kujundamise ja muudatuste tegemise võimalused. Masinjoonestamist on kavas käsitleda eraldi raamatus.

Koostejoonise valmistamise käik sõltub sellest, kas koost on juba loomuliku olemas või tuleb see alles välja töötada (konstrueerida). Viimasel juhul käib joonestustöö paralleelselt arvutustega ja konstruktiivsete valikutega. Mastaabis joonis annab seejuures visuaalse ettekujutuse kavandatavast. Kuna konstrueerimine on küllaltki spetsiifiline tegevus,

siis käesolevas väljaandes me seda valdkonda ei puuduta. Koostejoonise ja tükitabeli vormistamist on käsitletud 6. peatükis.

Koostu eskiis natuuri järgi tehakse üldjoontes samamoodi, nagu detaili eskiis. Seejuures on soovitatav kinni pidada järgmisest töö käigust.

1. Määrata koostu otstarve ja töötamise põhimõte.

2. Teha kindlaks, millises järjekorras saab koostu lahti ja kokku monteerida. Tutvuda ühtlasi koostisosade ühenduselementide ja omavaheliste ühenduskohtadega ning selgitada välja puuduvad detailid.

3. Grupeerida lahtimonteeritud osad, pidades silmas hiljem toote kohta vormistatava tükitabeli jaotusi. Tavaliselt moodustuvad niisugused grupid, nagu standardsed tooted, muud tooted ja materjalid.

4. Vastavalt grupeerimisele koostada toote tükitabel (vt. ptk. 6).

5. Valmistada koostu eskiis (kujutised, mõõtmed, monteerimisjuhised jne.). Seejuures kujutisi valitakse põhimõttel, et oleks näidatud koostu töö põhimõte ja detailide ühendused. Eskiisimist alustatakse põhidetaili (kere, alus jne.) kujutamisega. Vastavalt montaažile joonestatakse sinna järk-järgult juurde kõik teised koostisosad. Ülevaatlikkuse huvides tuleb need jooned, mis jäävad sissejoonestatud detailide varju, järjest maha kustutada. Mõõtmetest kantakse koostejoonisele gabariitmõõtmed ning ühendusmõõtmed koostuväliste detailidega.

6. Tükitabeli alusel kanda eskiisile koostu osade numbrilised tähised.

Koostu ja tema koostisosade (ala-koostud, detailid) eskiiside põhjal võib teha mõõtkavas koostejoonise. Selle valmistamine sarnaneb detaili tööjoonise tegemisele, mida kirjeldasime eespool.

Koostejoonise valmistamine täpses mõõtkavas on heaks kontrolliks eelnenud üksikdetailide eskiisimisele, ta selgitab otsekohe välja eskiisimisel tekkinud graafilised ja mõõtmestamise vead.

8. TÜÜPILISTE MASINAELEMENTIDE KUJUTAMINE

8.1. KEEVISLIIDE (ISO 2553:1984)

Keevitamisel luuakse kuumutamise ja (või) plastse deformatsiooni abil detailide aatomitevahelised sidemed, kusjuures tekib kinnisliide.

Nähtavaid keevisõmbelusi kujutatakse joonisel tinglikult pideva jämejoonega ja tüüp tähistatakse põhimärkidega ning õmbeluse pinna kuju lisamärkidega. Tähise juurde kirjutatakse keevisõmbeluse mõõde ning vajaduse korral lisatakse täiendavad märgid.

8.1.1. Keevisõmbeluste põhimärgid

Keevisõmbeluste põhimärgid on toodud tabelis 8.1.

8.1.2. Keevisõmbeluste lisamärgid

Kasutatakse järgmisi lisamärke:

- tasaõmbelus (keevisõmbelus on tasapinnaliseks töödeldud) — ;
- kumer õmbelus \cap ;
- nõgus õmbelus \cup .

Kui õmbeluse pinnale kujunõudeid ei esitata, siis lisamärke ei kasutata. Lisa-

märkide kasutusnäited on toodud tabelis 8.2.

8.1.3. Keevisõmbeluse mõõtmestamine

Keevisõmbeluste mõõtmestamis-moodused on näidatud tabelis 8.3. Kui projektsioonid paiknevad E-süsteemis (Euroopa süsteemis), kasutatakse kolmnurkse keevise ristlõike juures mõõdet a , A-süsteemis (Ameerika süsteemis) aga mõõdet z (joon. 8.1). Kui seda reeglit ei järgita, peab keevise mõõtarvu ees olema tingimata täht z või a . Keevisõmbeluse mõõtmed kirjutatakse joonise teiste mõõtarvudega võrdse suurusega. Faasitud korkõmbeluse nii ümar kui ka ovaalse ava puhul mõõde d või c on antud ava põhjast, mitte faasist.

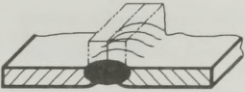

















8.1.4. Täiendavad märgid

Täiendavateks märkideks on kontuurõmbelus (õmbelus mõõda kinnist kontuuri), koosteõmbelus (õmbelus tehtud toote koostamisel) ja keevitusprotsessi tähis (joon.8.2).

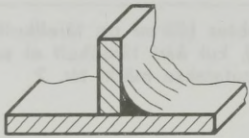

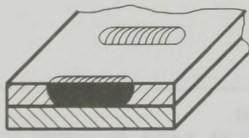

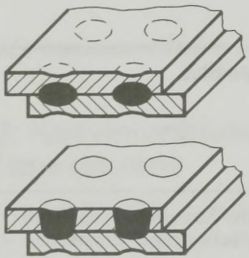

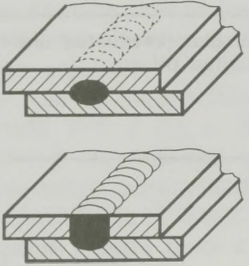

Märkus: (ISO 4063 järgi on keevitusprotsessi tähis keevitusprotsessi järjekorranumber vastavates tabelites. Kuna see number näidatakse vaid vajaduse korral, siis ei ole käesolevas raamatus seda täiendavat märki käsitletud).

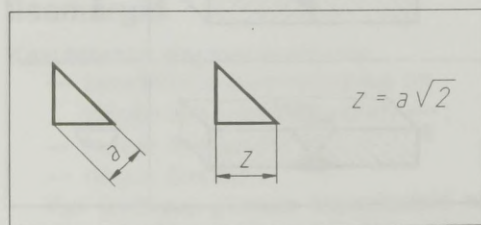
Tabel 8.1

Keevisõmbuste põhimärgid

Nr.	Keevisõmbus	Õmbuse eskiis	Põhimärk
1.	Äärisõmbus (ääred on täielikult sulanud), kui ääri täielikult ei sulatata, kasutatakse märki Nr. 2		
2.	I-õmbus		
3.	V-õmbus		
4.	Pool-V-õmbus		
5.	V-õmbus, keevitatud osaliselt faasitud servadega pilusse		
6.	Pool-V-õmbus, keevitatud ühelt poolt faasitud pilusse		
7.	U-õmbus		
8.	J-õmbus		
9.	Alus- või juurõmbus		

Tabel 8.1 järg









Nr.	Keevisõmblus	Õmbluse eskiis	Põhimärk
10.	Nurkõmblus		
11.	Korkõmblus		
12.	Punktõmblus		
13.	Joonõmblus		

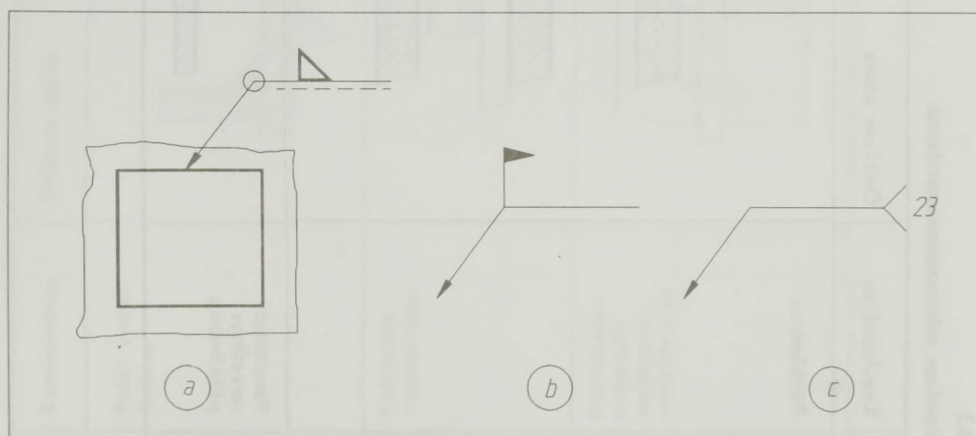


JOONIS 8.1.

Tabel 8.2

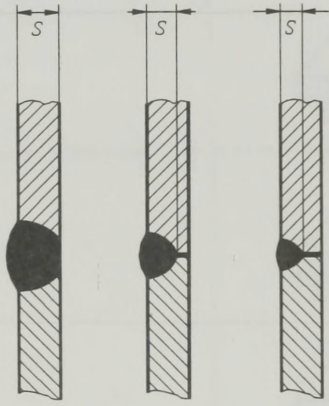
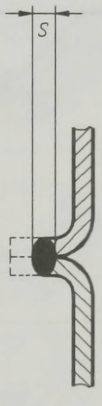
Lisamärkide kasutusnäited

Keevisõmblus	Õmbuse eskiis	Märkide ühendus
Tasane V-õmblus		
Kumer kahepoolne V-õmblus		
Nõgus vastakõmblus		
Tasane V- ja juurõmblus		

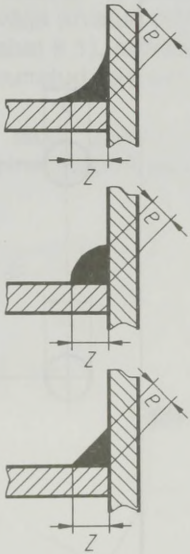
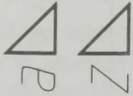
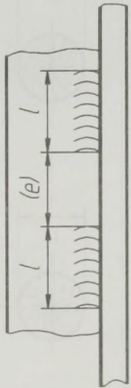
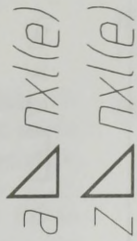
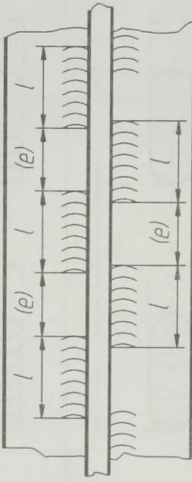
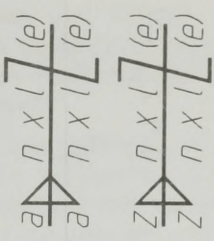


JOONIS 8.2. Täiendavad märgid: a — kontuurõmblus; b — koosteõmblus; c — keevitusprotsessi tähis

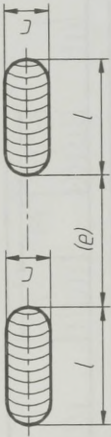
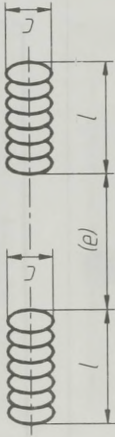
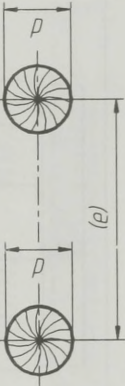
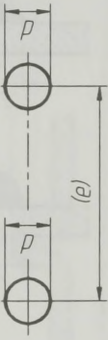
Tabel 8.3
Keevisõbluse mõõtmestamismoodused

Nr.	Keevisõmblus	Õmbluse eskiis	Mõõtmelise definitsioon	Tähtis
1.	Põkkõmblus		s — vähim kaugus detaili pinnast keevise põhjani	∇ $s \parallel$ $s \nabla$
2.	Painutatud servadega põkkõmblus		s — vähim õmbluse kõrgus	$s \parallel$

Tabel 8.3 järg

Nr.	Keevisõmblus	Õmbluse eskiis	Mõõtmefinitsioon	Tähis
3.	Pidev vastakõmblus		a — võrdhaarse kolmnurga suurim tipu ja hüpoteenuusi vaheline kaugus; z — võrdhaarse kolmnurga suurim kaastetite pikkus	
4.	Katkendlik vastakõmblus		l — keevitatud lõigu pikkus; (e) — samm; n — keeviste hulk; a — vt. Nr. 3	
5.	Kahepoolne katkendlik malekorras vastakõmblus		l — vt. Nr. 4 n — a — vt. Nr. 3 z —	

Tabel 8.3 järg

Nr.	Keevisõmblus	Õmbluse eskiis	Mõõtmefinitsioon	Tähis
6.	Korkõmblus (ovaalne)		$\left. \begin{array}{l} l \\ (e) \\ n \\ c \end{array} \right\} \text{vt. Nr. 4}$ c — õmbluse laius	$\begin{array}{c} \text{C} \text{ } \sqcap \text{ } n \times l \text{ } (e) \end{array}$
7.	Joonkontakt- õmblus		$\left. \begin{array}{l} l \\ (e) \\ n \\ c \end{array} \right\} \text{vt. Nr. 4}$ c — õmbluse laius	$\begin{array}{c} \text{C} \text{ } \ominus \text{ } n \times l \text{ } (e) \end{array}$
8.	Korkõmblus (ümar)		$\left. \begin{array}{l} n \\ (e) \\ d \end{array} \right\} \text{vt. Nr. 4}$ n — vahekaugus d — ava läbimõõt	$\begin{array}{c} d \text{ } \sqcap \text{ } n \times (e) \end{array}$
9.	Punktõmblus		$\left. \begin{array}{l} n \\ (e) \\ d \end{array} \right\} \text{vt. Nr. 4}$ n — vahekaugus d — punkti läbimõõt	$\begin{array}{c} d \text{ } \bigcirc \text{ } n \times (e) \end{array}$

8.1.5. Keevisõmbluste tähistamismoodused

Joonisel tähistatakse keevisõmbustus viitenooli ja viitenooli laudiga, mille peale või alla kantakse õmblust tähistavad märgid ja vajalikud mõõtmed (joon. 8.3). Viitenooli laudi koosneb kahest paralleeljoonest, millest üks on pidev- ja teine kriipsjoon. Laudid kriipsjoont võidakse kanda pidevjoonest üles- või allapoole, kusjuures põhimärk paigutatakse pideva joone poole, kui õmbustus on liite sellel poolel, kuhu osutab viitenool. Põhimärk paigutatakse katkendjoonega joonestatud laudi poolele, kui õmbustus on noole vastasküljel. S ü m m e e t r i l i s t e l õ m b l u s t e l kriipsjoont laudi juures ei kasutata (joon. 8.4).

Viitenooli suunal õmbluste suhtes pole tähtsust, välja arvatud õmblused nr. 4, 6 ja 8 (vt. tabel 8.1), millistel viitenool peab olema suunatud f a a s i t u d s e r v a l e .

Viitejoone laudi peaks eelistatult olema paralleelne joonise kirjanurgaga.

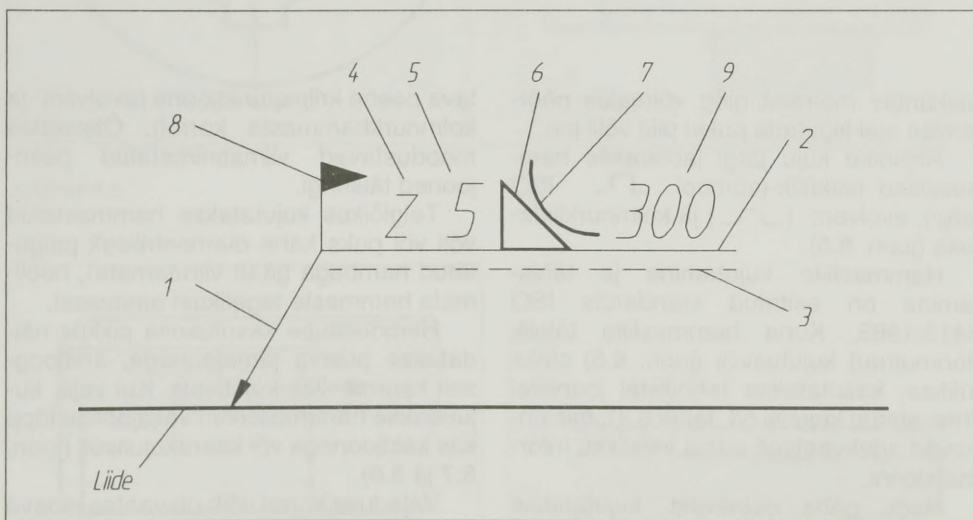
Kui see pole aga võimalik, on lubatud joonestada ta risti kirjanurgaga.

Õmbluste mõõtmed kantakse joonisele järgmiselt:

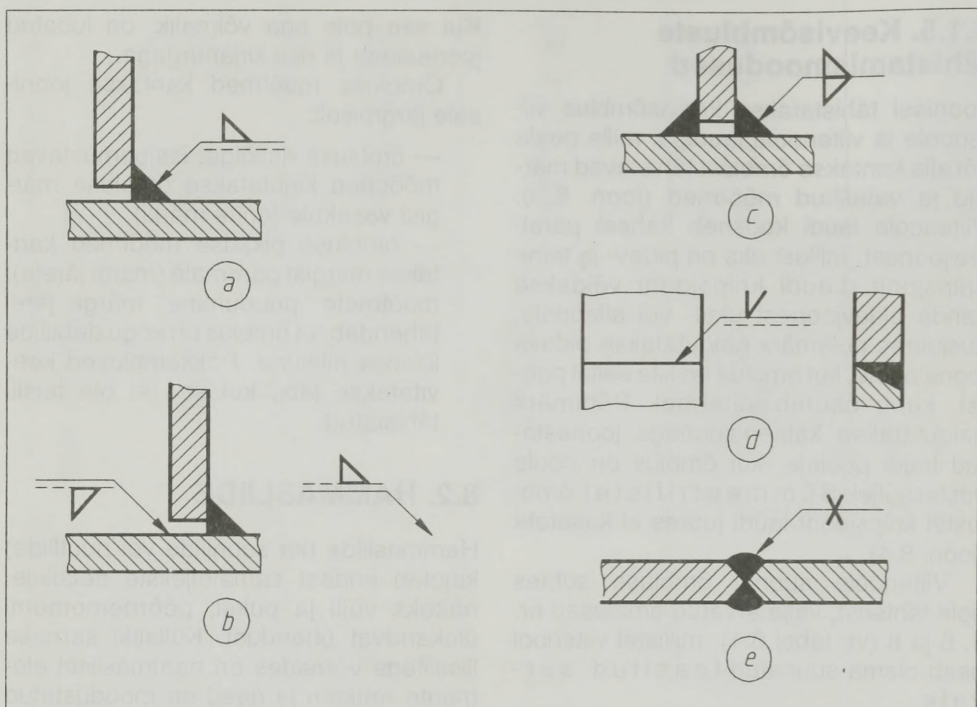
- õmbluste ristlõiget iseloomustavad mõõtmed kirjutatakse õmbluste märgist vasakule (enne märki);
- õmbluste pikkuse mõõtmed kantakse märgist paremale (märgi järele); mõõtmete puudumine märgi järel tähendab, et õmbustus on kogu detailide liiteosa pikkune. Põkkõmblused keevitatakse läbi, kui see ei ole teisiti tähistatud.

8.2. HAMMASLIIDE

Hammastliide (ka soonliide või nuutliide) kujutab endast samateljaste detailide, näiteks võlli ja puksi, pöördemomenti ülekandvat ühendust. Küllaltki sarnase liistliitega võrreldes on hammastliitel elemente rohkem ja need on moodustatud võlli ja puksi endi materjalide arvel. Seega on tagatud parem tsentreeritus, suurem





JOONIS 8.3. Keevisõmbluste tähistamine: 1 — viitenool; 2 — viitenooli laudi pidev joon; 3 — viitenooli laudi kriipsjoon; 4 — kolmnurkse keevisõmbluste ristlõike mõõtme tähtis; 5 — keevisõmbluste mõõt; 6 — keevisõmbluste põhimärk; 7 — põhimärgi lisamärk; 8 — täiendav märk; 9 — keevisõmbluste pikkus



JOONIS 8.4. Põhimärkide paigutus: *a* — õmblus asub noole pool; *b* — õmblus asub noole vastaspool; *c* ja *e* — sümmeetriline õmblus; *d* — õmblustel nr. 4, 6 ja 8 (vt. tabel 8.1) peab viitenool olema suunatud faasitud servale

ülekantav moment ning võimalus pöörlemise ajal liigutada puksi piki võlli jne.

Ristlõike kuju järgi jaotatakse hammasliited riskülik-(sümbol  ISO järgi), evolvent- () ja kolmnurkliideteks (joon. 8.5).

Hammasliite kujutamine ja tähistamine on esitatud standardis ISO 6413:1988. Kuna hammasliite täielik (loomutruu) kujutusviis (joon. 8.6) oleks tülikas, kasutatakse tehnilistel joonistel lihtsustatud kujutisi (vt. tabel 8.4), mis annavad adekvaatselt edasi vajalikku informatsiooni.

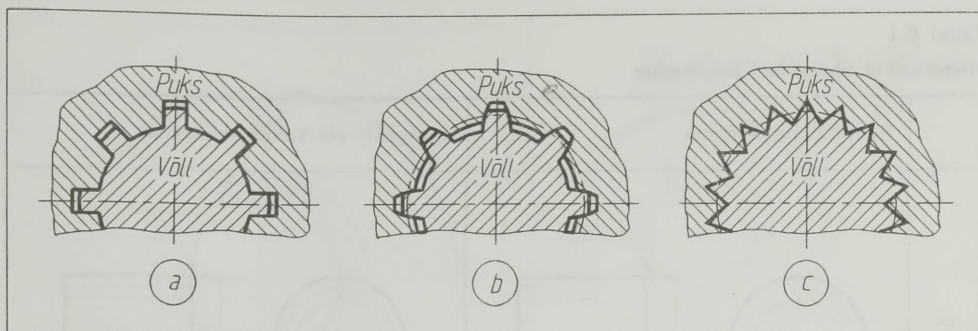
Nagu näha eelnevast, kujutatakse hammastatud detaile (võlli või puksi) vaates põhimõtteliselt ilma hammasteta, lisades hammaste põhjade pinda näitava pideva peenjoone ja jaotuspinnale vas-

tava peene kriipspunktjoone (evolvent- ja kolmnurkhammaste korral). Otsvaates moodustavad viimatinimetatud peenjooned täisringi.

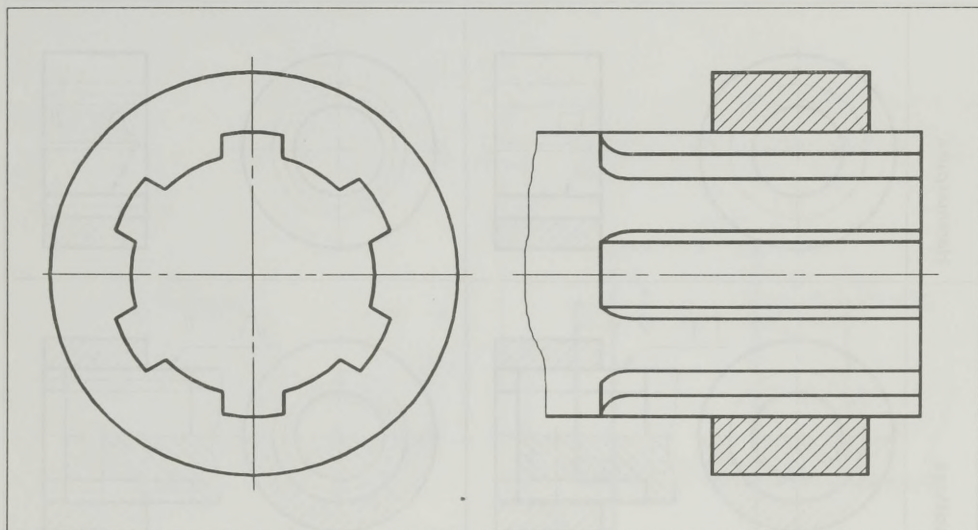
Telglõikes kujutatakse hammastatud võll või puks kahe diameetriselt paigutatud hambaga (jääb viirutamata), hoolimata hammaste tegelikust asetusest.

Hammasuse kasutusosa pikkus näidatakse pideva jämejoonega, analoogselt keermesliite kujutisele. Kui vaja, kujutatakse hammaslõikuri väljajooksu lõpp kas kaldjoonega või kaarekujuliselt (joon. 8.7 ja 8.8).

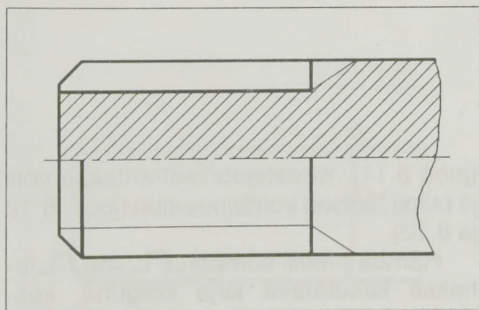
Vajaduse korral võib otsvaates pideva jämejoonega välja joonestada üks-kaks hammast. Selguse mõttes võib lisada ka väljakantud elemendi (joon. 8.9 ja 8.10). Hammastatud detailide kujutamise reeglid



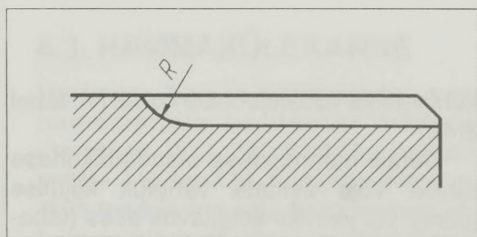
JOONIS 8.5. Hammasliidete ristlõiked: a7 — rõõpkülgne (ristkülik); b7 — evolvent; c7 — kolmnurk



JOONIS 8.6.



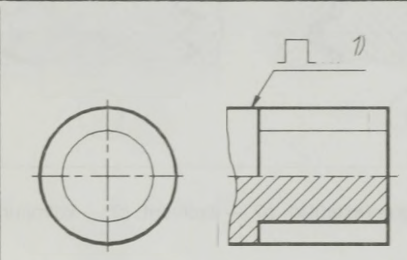
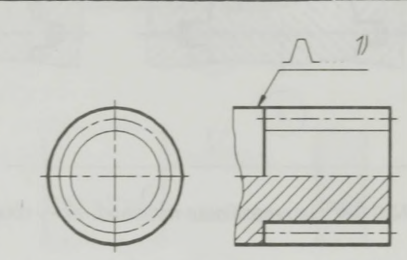
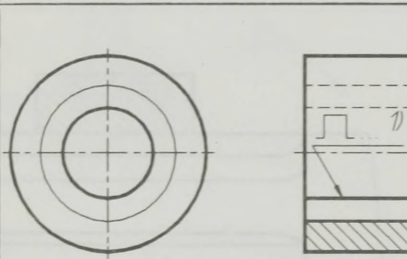
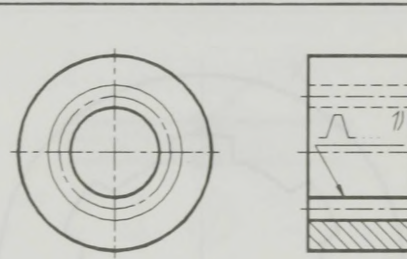
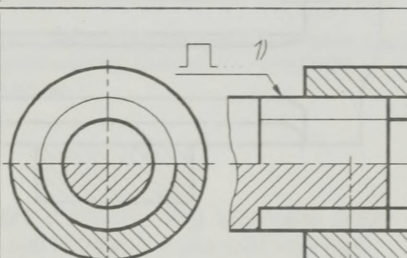
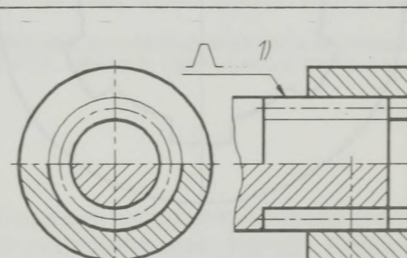
JOONIS 8.7.



JOONIS 8.8.

Tabel 8.4

Hammasliite lihsustatud kujutamise



	Rööpkülgne hammas	Evolvent- või kolmnurkhammas
Hammasvõlli		
Hammaspuks		
Liide koostuna		

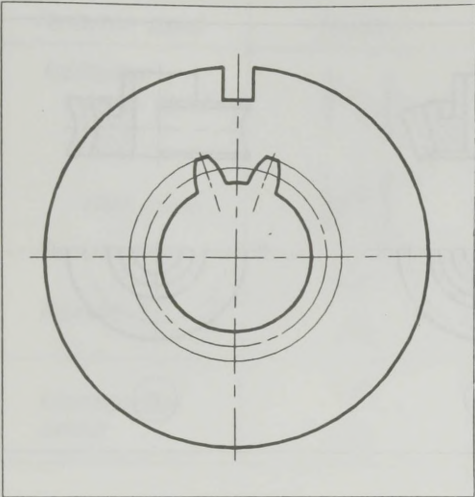
¹ Vajaduse korral võib lisada hammasliite tähise.

kehtivad ka koostejoonise korral (vt. tabel 8.4).

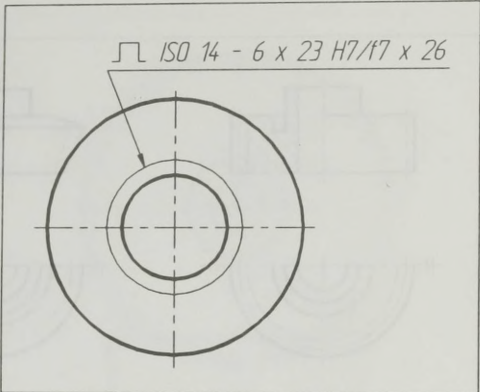
Detaili hammastuse standardikohase tähise võib esitada vahetult kujutise juures või joonise selgitavas osas (tabelis, märkustes vm.), kusjuures võib lisada ka kontaktpinna karedusparameetrid

(joon 8.11). Koostejoonisel antakse võlli ja puksi tähised kombineeritult (joon. 8.12 ja 8.13).

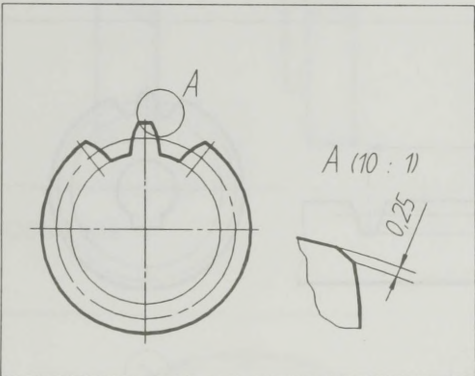
Hamba profiili sümbol  või  tehakse kasutatava kirja kõrgune, kusjuures joone jämedus moodustab viimasest 1/10.



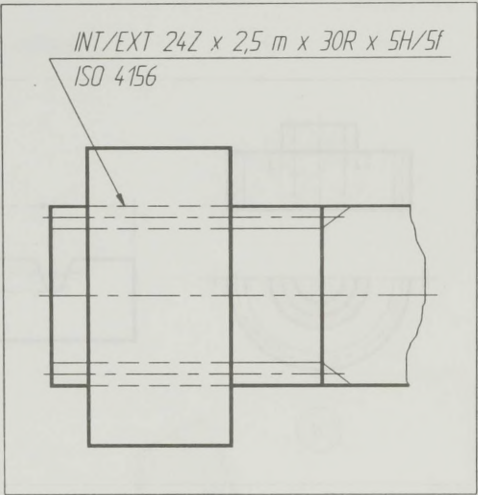
JOONIS 8.9.



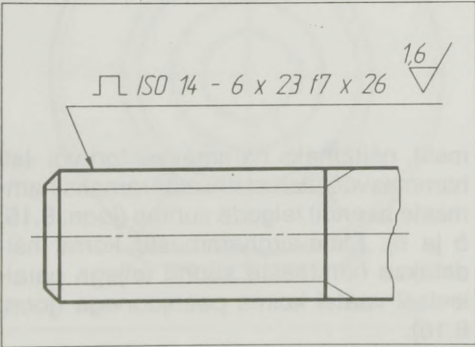
JOONIS 8.12.



JOONIS 8.10.



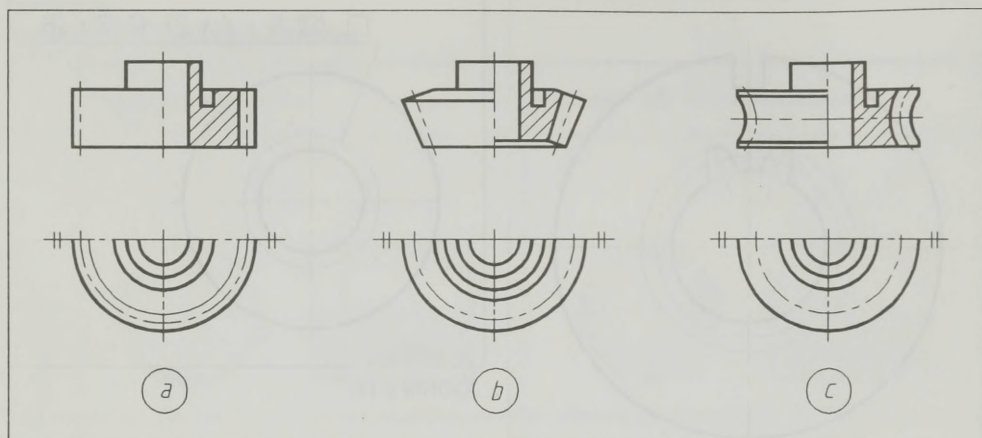
JOONIS 8.13.



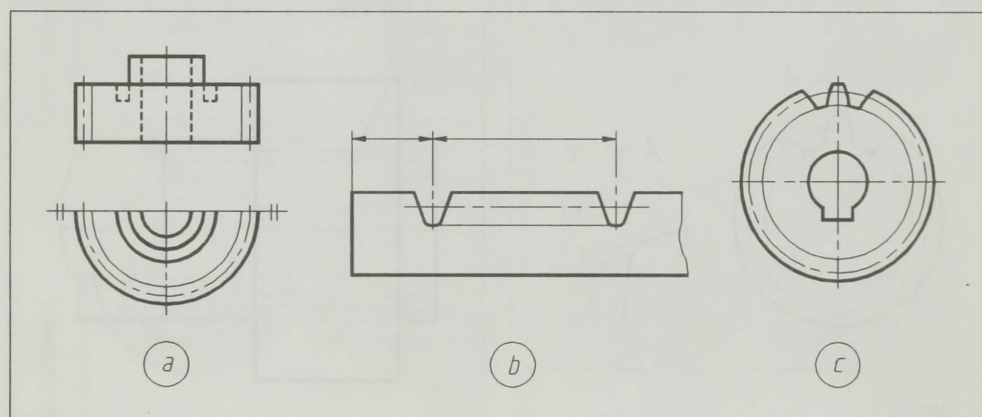
JOONIS 8.11.

8.3. HAMMASÜLEKANNE

Hamas-, tigu- ja kettülekanne, samuti hammasratta kujutamist määratleb standard ISO 2203:1973. Vastavalt sellele kujutatakse hammasrattaid tinglikult terviklikuna ilma hammasteta, piiratud peaderingjoonte vastava jämejoonega, kusjuures algringjoon tehakse peene kriipspunktjoonega.



JOONIS 8.14.



JOONIS 8.15.

Telglõikes kujutatakse hammasratas kahe diametraalselt paikneva sirghambaga, isegi kaldhammaste ja paaritu hammaste arvu korral (joon. 8.14). Hammaste jalgaderingjoont või sellele vastavat põhjade pinda võib vajaduse korral kujutada pideva peenjoonega (joon. 8.15).

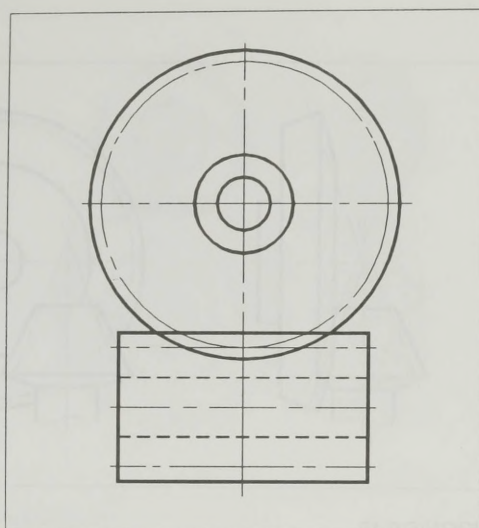
Hammasratta tööjoonisel võib jämejoonega välja joonestada ka 1-2 ham-

mast, näitamaks hammassektori või -lati hammasvöö ulatust või määramaks hammaste asendit telgede suhtes (joon. 8.15, b ja c). Mitte-sirghammaste korral näidatakse hammaste suund teljega paralleelsel vaatel kolme peenjoonega (joon. 8.16).

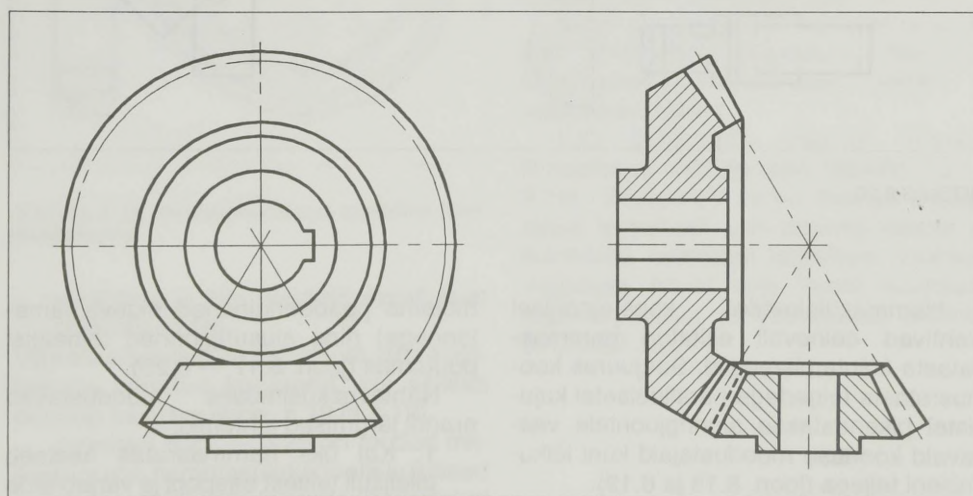
Märkus. Koostejoonisel märgitakse hambumise suund ainult suuremale hammasrattale.

Hambumise suund	Tinglähis
Kaldhambad : - parem suund	
- vasak suund	
Noolhambad	
Kõverjoonelised hambad	

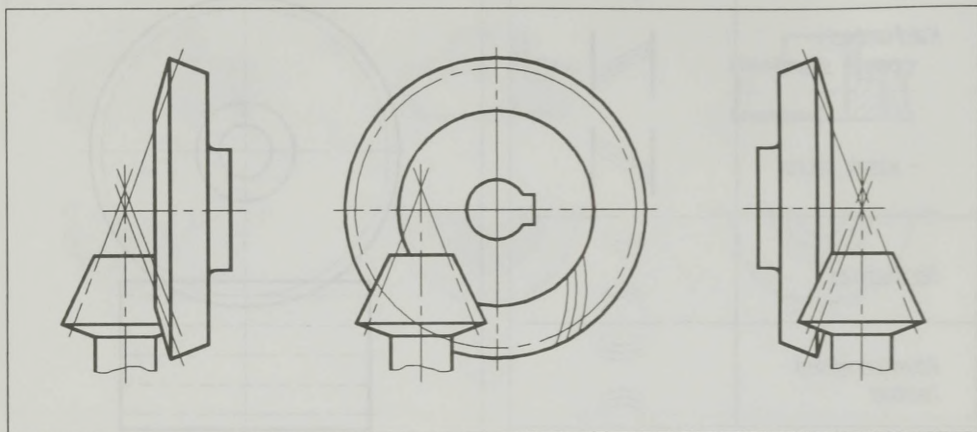
JOONIS 8.16.



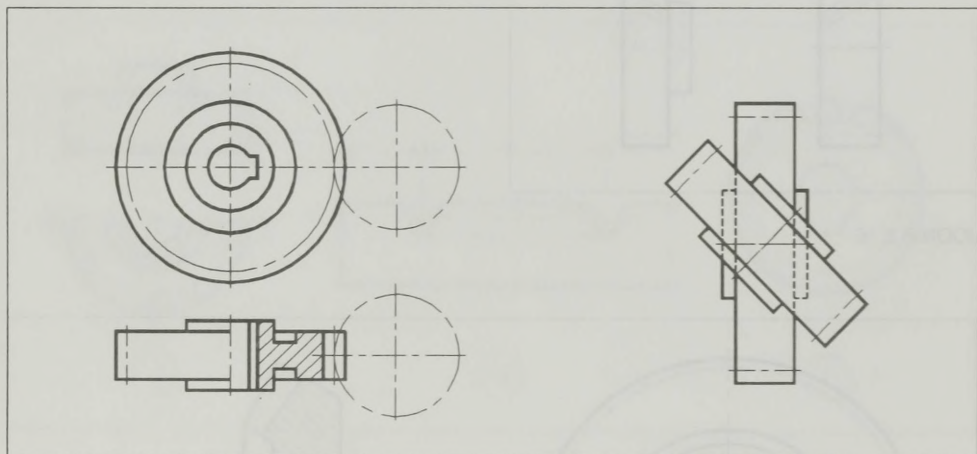
JOONIS 8.17.



JOONIS 8.18.



JOONIS 8.19.



JOONIS 8.20.

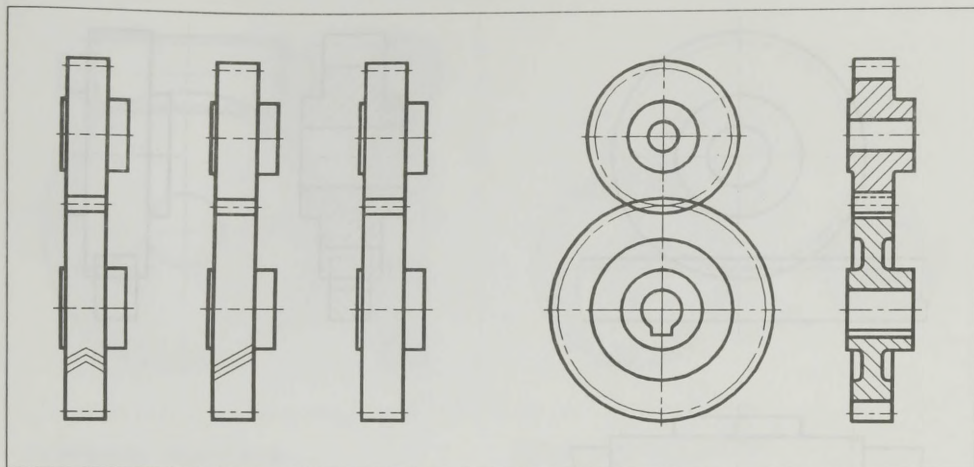
Hammasülekande koostejoonisel kehtivad eelnevalt esitatud hammasrattaste kujutamise reeglid. Seejuures koosnusrattaste telgedega paralleelsetel kujutistel pikendatakse algringjoontelevastavaid koonuse moodustajaid kuni lõikumiseni teljega (joon. 8.18 ja 8.19).

Hambumistsoonis kujutatakse hammasrattaid teineteist mittevarjavatena (st.

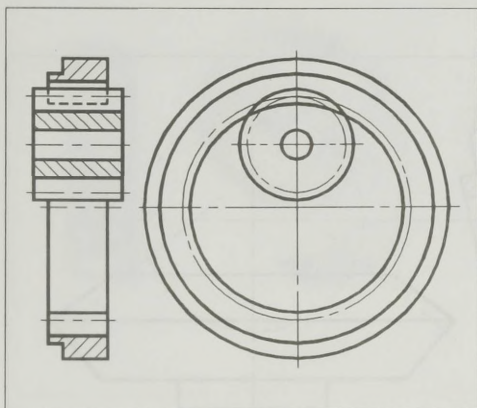
mõlema peaderingjooned pideva jämejoonega) ning alusringjooned teineteist puutumas (joon. 8.17 — 8.25).

Nähtavusküsimuses moodustavad erandi järgmised juhtumid:

1. Kui üks hammasrattas asetseb täielikult teisest eespool ja varjab teda tegelikult (joon. 8.18, 8.19, 8.20).
2. Kui hammasrattad on kujutatud



JOONIS 8.21. Välis hambumisega silindrilised hammasülekanded



JOONIS 8.22. Sise hambumisega silindiline hammasülekanne

telglõikes ja üks nendest varjab teist osaliselt (8.18).

Viimatinimetatud juhtudel võib jätta kujutamata varjatud kontuurid, kui selleks puudub vajadus (joon. 8.18 ja 8.19).

Joonistel 8.21 — 8.25 on toodud mitmesuguste hammasülekannete kujutised ja joonisel 8.26 kettülekande lihtsustatud kujutis.

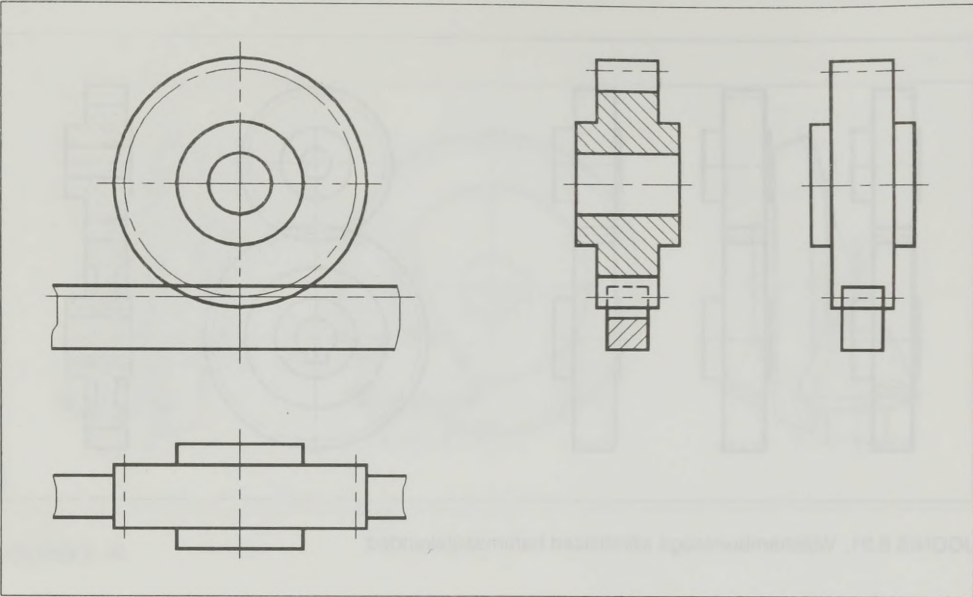
8.4. VEDRUD

Vedrudeks nimetatakse elastseid elemente, mis elastse deformatsiooni kaudu ajutiseks salvestavad väliskoormuse mehaanilist energiat ja tagastavad selle välisjõu mõju lakates.

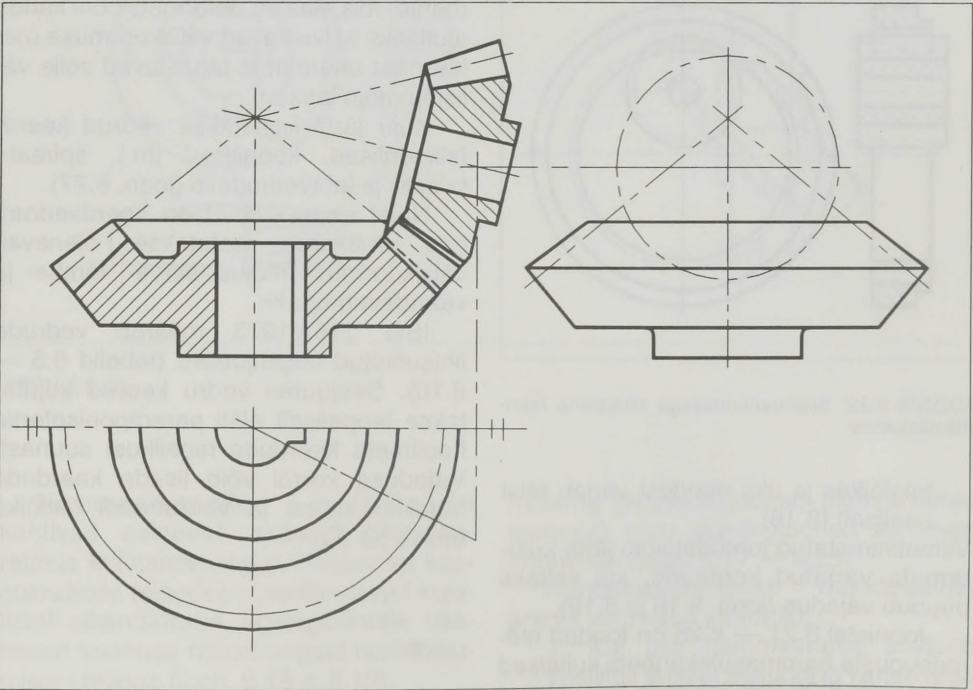
Kuju järgi liigitatakse vedrud keerd- (silindrilised, koonilised jm.), spiraal-, taldrik- ja lehtvedrudeks (joon. 8.27).

Neist enamlevinud on keerdvedrud, mis omakorda jaotatakse, olenevalt väliskoormuse mõjust surve-, tõmbe- ja väändevedrudeks.

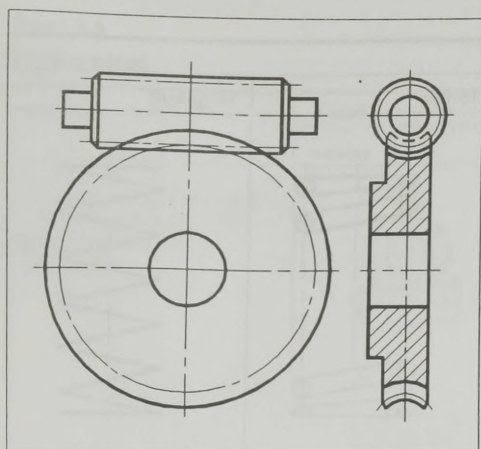
ISO 2162:1973 määrab vedrude lihtsustatud tingkujutised (tabelid 8.5 — 8.10). Seejuures vedru keerud kujutatakse leppeliselt alati parempoolsetena, hoolimata keerdude tegelikust suunast. Vajaduse korral võib lisada keerdude tegeliku suuna ja vedrutraadi ristlõike tähise (\varnothing , \square).



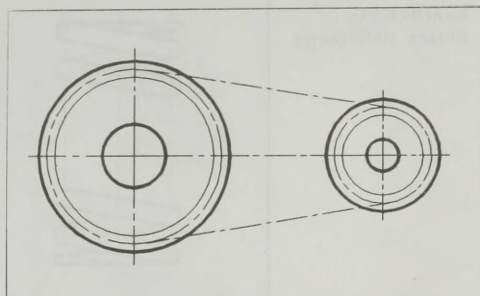
JOONIS 8.23. Latthambumine



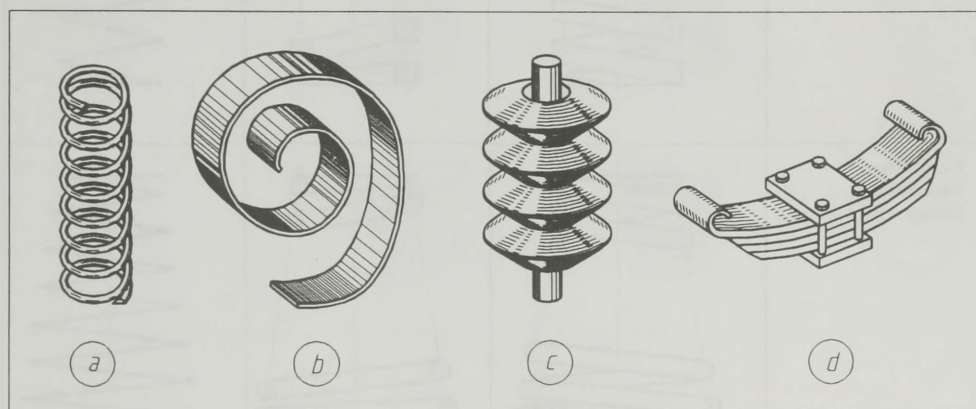
JOONIS 8.24. Mitteristuvate telgedega kooniline hammasülekanne



JOONIS 8.25. Tiguülekanne



JOONIS 8.26. Kettülekanne



JOONIS 8.27. Vedrude liike: a — silindriline keerdedru; b — spiraalvedru; c — taldrikvedru; d — lehtvedru

Tabel 8.5

Survevedrud

Nimetus	Kujutis		
	vaates	lõikes	tinglikult
Silindriline keerdvedru, ümara ristlõikega			
Sama, ruudukujulise ristlõikega			
Kooniline keerdvedru, ümara ristlõikega			
Kooniline teleskoopvedru, ristküliku kujulise ristlõikega			

Tabel 8.6

Tõmbevedrud

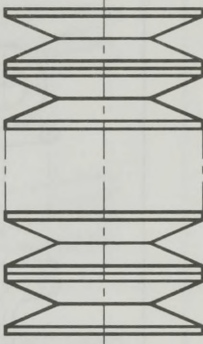
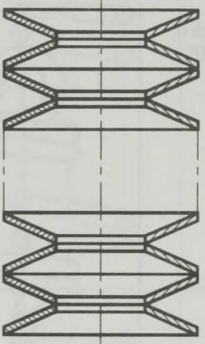
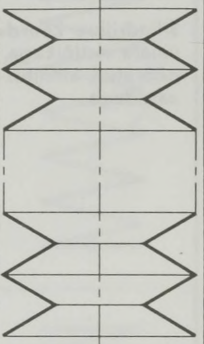
Nimetus	Kujutis		
	vaates	lõikes	tinglikult
Silindriline keerdvedru, ümara ristlõikega, 90° pööratud kinnitusaasadega			
Keerdvedru, ühes tasapinnas olevate vastupidi pööratud kinnitusaasadega			

Tabel 8.7


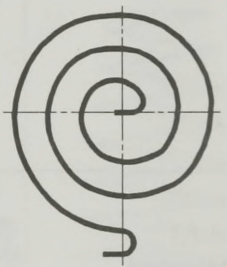

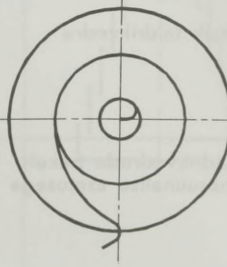
Taldrikvedrud

Nimetus	Kujutis		
	vaates	lõikes	tinglikult
Üksik taldrikvedru			
Taldrikvedrude pakett, ühesuunalise asetusega			

Tabel 8.7 järg

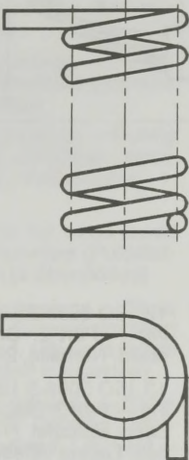
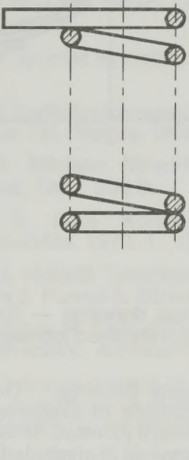
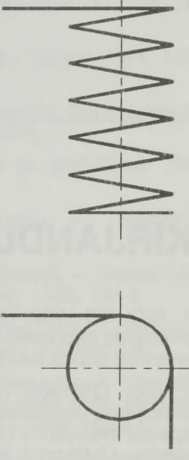
Nimetus	Kujutis		
	vaates	lõikes	tinglikult
Sama, taldrikute vastakasetusega			

Tabel 8.8
Spiraalvedrud

Nimetus	Kujutis	
	vaates	tinglikult
Tasapinnaline spiraalvedru, painutatud otstega		
Sama, otste kinnitusega võllil ja trummil		


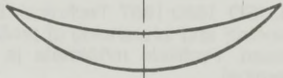

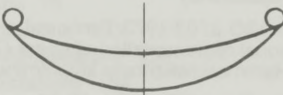


Tabel 8.9

Väändevedrud


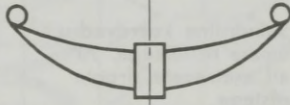
Nimetus	Kujutis		
	vaates	lõikes	tinglikult
Silindriline keerdvedru, ümara ristlõikega, 90° all asetsevate sirgete otstega			

Tabel 8.10

Lehtpainevedrud

Nimetus	Kujutis	
	vaates	tinglikult
Mitmekihiline lehtvedru ilma kinnitusotsteta		
Sama, koos kinnitusotstega		
Sama, koos kinnitusklambriga		

Tabel 8.10 järg

Nimetus	Kujutis	
	vaates	tinglikult
Sama, koos kinnitusotste ja kinnitusklambriga		

KIRJANDUS

1. ISO 128:1982 Technical drawings — General principles of presentation (Tehnilised joonised. Kujutamise põhialused)
2. ISO 129:1985 Technical drawings — General principles, definitions, methods of execution and special indications (Tehnilised joonised. Mootmes-tamine. Üldalused, teostusviisid ja erinõuded)
3. ISO 406:1987 Technical drawings — Tolerancing of linear and angular dimensions (Tehnilised joonised. Joon- ja nurgamootmete tolerantside tähis-tamine)
4. ISO 1101:1983 Technical drawings — Geometrical tolerancing — Tolerancing of form, orientation and run out — Generalities, definitions, symbols, indications on drawings (Tehnilised joonised. Geomeetriliste parameetrite tolerantsid. Kuju, suuna, asendi ja viskumise tolerantsid. Üldalused, määrangud, tingmärgid, märkimine joonistele)
5. ISO 1302:1987 Technical drawings — Method of indicating surface texture on drawings (Tehnilised joonised. Pinnakareduse tähistamise reeglid)
6. ISO 1660:1987 Technical drawings — Dimensioning and tolerancing of profiles (Tehnilised joonised. Profiilide mootmete ja tolerantside tähis-tamine)
7. ISO 2162:1973 Technical drawings — Representation of springs (Tehnilised joonised. Vedrude kujutamine)
8. ISO 2203:1973 Technical drawings — Conventional representation of gears (Tehnilised joonised. Hammasülekannete kujutamine)
9. ISO 2553:1984 Welds — Symbolic representation on drawings (Keevisõmblused. Tingtähised joonistel)
10. ISO 3040:1990 Technical drawings — Dimensioning and tolerancing — Cones (Tehnilised joonised. Kooniliste elementide mootmed ja tolerantsid)
11. ISO 3098-1:1974 Technical drawings — Lettering — Part 1: Currently used characters (Tehnilised joonised. Normkirj, 1. osa: Kasutatavad šriftid)
12. ISO 3098-2:1984 Technical drawings — Lettering — Part 2: Greek characters (Tehnilised joonised. Normkiri, 2. osa: Kreeka tähestik)
13. ISO 3098-3:1987 Technical drawings — Lettering — Part 3: Diacritical and particular marks for the Latin alphabet (Tehnilised joonised. Normkiri, 3. osa: Ladina tähestiku diakriitilised ja erimärgid)
14. ISO 3098-4:1984 Technical drawings — Lettering — Part 4: Cyrillic characters (Tehnilised joonised. Normkiri, 4. osa: Kirillitsa)
15. ISO 4063:1990 Welding, brazing, soldering and braze welding of metals — Nomenclature of processing and reference numbers for symbolic representation on drawings (Keevitus. Metallide kõr-gtemperatuuriline jootmine, jootmine-keevitus ja madalatemperatuuriline jootmine. Protsesside loetelu graafiliseks kujutamiseks joonisel)
16. ISO 5457:1980 Technical drawings — Sizes and layout of drawings sheet (Tehnilised joonised. Formaadid ja nende vormistamine)
17. ISO 5458:1987 Technical drawings — Geometrical tolerancing — Positional tolerancing (Tehnilised joonised. Geomeetriliste parameetrite tolerantsid. Asenditolerantsid)
18. ISO 5459:1981 Technical drawings — Geometrical tolerancing — Datums and datum-systems for geometrical tolerances (Tehnilised joonised. Baasid ja mootmetolerantside määramise süsteemid)
19. ISO 6410:1981 Technical drawings — Conventional representation of threaded parts (Tehnilised joonised. Keermestatud detailide tinglik kujutamine)
20. ISO 6413:1988 Technical drawings — Representation of splines and serrations (Tehnilised joonised. Hammasliidete kujutamine)
21. ISO 6428:1982 Technical drawings — Requirement for microcopying (Tehnilised joonised. Nõuded mikrokopeerimiseks)
22. ISO 6433:1981 Technical drawings — Item references (Tehnilised joonised. Tooteosade viited)

23. ISO 7083:1983 Technical drawings — Symbols for geometrical tolerancing — Proportions and dimensions (Tehnilised joonised. Geomeetriliste tolerantside sümbolid. Proportsioonid ja mõõtmised)
24. ISO 7200:1984 Technical drawings — Title blocks (Tehnilised joonised. Kirjanurgad)
25. ISO 7573:1983 Technical drawings — Item lists (Tehnilised joonised. Tükitalabelid)
26. ISO 8015:1985 Technical drawings — Fundamental tolerancing principle (Tehnilised joonised. Tolerantside märkimise põhimõtted)
27. ISO 8826-1:1989 Technical drawings — Rolling bearings — Part 1: General simplified representation (Tehnilised joonised. Veerelaagrid, 1. osa: Lihtsustatud kujutamine)
28. ISO 9180:1988 Black leads for wood-cased pencils — Classification and diameters (Puitpliiatsite südamikud. Klassifikatsioon ja läbimõõdud)
29. ISO 9222-1:1989 Technical drawings — Seals for dynamic application — Part 1: General simplified representation (Tehnilised joonised. Liikuvate liidete tihendid, 1. osa: Üldine lihtsustatud kujutamine)
30. ISO 9222-2:1989 Technical drawings — Seals for dynamic application — Part 2: Detailed simplified representation (Tehnilised joonised. Liikuvate liidete tihendid, 2. osa: Detailiseeritud lihtsustatud kujutamine)
31. ISO/TR 5640:1985 Technical drawings — Geometrical tolerancing — Tolerancing of form, orientation, location and run-out — Verification principles and methods — Guidelines (Tehnilised joonised. Geomeetriliste parameetrite tolerantsid. Kuju-, orientatsiooni, asendi, ja viskumise tolerantsid. Kontrolli põhimõtete ja meetodite juhised)
32. J. Riives, K. Tihase Joonestamine. Tln.: Valgus, 1983. 456 lk.
33. H. Arumäe Kinnisliit. Tln.: Valgus, 1979. 144 lk.
34. H. Lepikson Hammasülekanded. Geomeetria ja täpsus. Tln.: Valgus, 1988. 280 lk.
35. I. Märtson. Nimimõõde ja piirhälbed. Tln.: Valgus, 1990. 200 lk.
36. A. Pere Koneenpiirustus — Helsinki: Weilin+Göös, 1973, 1., 234 s.
37. M. Heikkilä Teknillinen piirustus — Koneenpiirustus 2. Porvoo jt: Söderström, 1988, 145 s.
38. James H. Earle Engineering Design Graphics — 6th edition. Addison-Wesley, 1990. 751 p.
39. Technical drawing (F. E. Giesecke, A. Mitchell, H. C. Spencer) — 8th edition. New York: Macmillan; London: Collier Macmillan, 1986. 964 p.
40. В.А. Федоренко, А.И. Шошин Справочник по машиностроительному черчению — 14-е изд. — Ленинград: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1983, 416 с.

AINEREGISTER

altvaade 51
alumine hälve 122
astmeline lõige 57

detail 142
detaili eskiis 142
dokumendi tähis 42

eestvaade 51
element lõikepinna ees 73
esimese ruuminurga meetod 49, 51
eskiis 142
eskiisi analüüs 145

faas 98
formaadid 21
formaati lõikamise märgid 25

hammasliide 159
hammasülekanne 163
hõlmav ja hõlmatav pind 123

ist 123
istude märkimine 126

joonestuspaber 8
joonestustehnika 7, 20
joonestusvahendid 7
jooniste kokkumurdmine 44
joonte liigid ja kasutusala 27
jame kriipsjoon 30

kalle 97, 113
katkestused 69
"keelatud" lõiked 78
keere 79
keermete kujutamine 79
keermete mõõtmistamine 103
keevisõmbluse mõõtmistamine 152
keevisõmbluse tähistamine 159
keevisõmbluste märgid 152
kirjanurk 23, 42
kohtlõige 64
kohtvaade 56
kolmanda ruuminurgaa meetod 49, 52
koonilisus 97
koost 142
koostejoonis 133
koostu eskiis 150

kompuutergraafika 20, 150
 korduvad elemendid 70, 99
 kriipspunktjämejoon 31
 kriipspunktpeenjoon 30, 31
 kujutised 49
 kvalitet 123
 kõvadusarv 121
 kõverprofiili mõõtmestamine 90

laotatud kujutised 73
 laotatud kujutise märk 76
 lihtsustused ja tinglikkused 69
 lisavaade 54
 läbipaistvad esemed 78
 lähe 114, 127
 lõiked 56
 lõike märgistamine ja tähistamine 57
 lõtk 123

meeterkeere 102, 104, 106
 meetermõõdustiku skaala 23
 murdlõige 57
 murretega peenjoon 30
 muudatused joonisel 43, 137
 mõõtarvude pealekandmine 90
 mõõtkava 26, 42
 mõõtmestamine 86
 mõõtmestamise printsiibid 109
 mõõtmete kujumärgid 95

nimiasend 127
 nimimõõde 123
 nool vaate suuna näitamiseks 54
 normkiri (standardkiri) 32
 normmõõtmel 111
 nulljoon 123

orientatsioonimärgid 23
 osaline vaade 56

paksuse mõõde 98
 paremaltvaade 51
 peakujutis 133
 pealejoonestatud ristlõige 65
 pealtvaade 51
 peavaade 51
 peen kriipsjoon 30
 pidev jämejoon 30
 pidev peenjoon 30
 pidev vabakäejoon 30
 piirhävete kordamine joonisel 87
 piirnevad lõikejooned 73
 pindkihi paksus 121

ping 123
 pinna asendihälve 127
 pinna asenditolerantsi märkimine 128
 pinnakaredus 114
 pinnakareduse märkimine 115
 pinnakaredustähis 116
 pinna kujuhälve 127
 pinna kujutolerantsi märkimine 128
 poolvaatlõige 63
 profiili keskmine hälve 114
 põhihälve 123
 põhilised vaated 51
 põõramismärk 55

raamjoon 21
 rapidograaf 12
 rihveldus 73
 ristlõige 64
 ruutkeere 108

selgitused joonisel 25
 sisekeerme kujutamine 81
 sõltumatu asenditolerants 128
 sõltuv asenditolerants 127
 sümmeetrilised kujutised 71

tagantvaade 51
 tasapinnalised osad 73
 tehnilised nõuded 25
 termilise töötlemise märkimine 121
 tolerants 122
 tolerantside märkimine 126
 tolerantsiväli 123
 tollkeere 108
 torukeere, silindriline 105, 106, 108
 trapetskeere 105, 106, 108
 tsentreerimismärgid 23
 tööjoonis 142, 150
 tükitabel 134

vaated 51
 vaatega ühendatud lõige 61
 vasakultvaade 51
 vedrud 167
 viirutamine 35
 viitejooned 32
 väliskeerme kujutamine 81
 väljatoodud element 69
 väljatoodud ristlõige 65

õhukesesenaalised detailid 78

ülemine hälve 122

TEHNILINE JOONIS

Eeskätt tehnikaüliõpilastele mõeldud käsiraamat tutvustab tehnilistele joonistele esitatavaid ISO standardite nõudeid.

Raamatus on püütud korrastada eesti-keelset dokumentatsiooniterminoloogiat ning on toodud ISO standarditele vastav joonise kirjanurk. Käsiraamatus esitatu võiks olla lähtealuseks jooniste vormistamist käsitlevate standardite väljatöötamisel Eestis.

Et toodu võimaldab end kurssi viia Euroopa riikides kehtivate joonisenormidega, siis peaks raamat huvi pakkuma kogu tehnikaintelligentsile, eriti konstruktoreile.

ISBN 5-440-01418-7